

· 技术方法 ·

## 药用植物阳春砂花器形态特征

何国振<sup>1,2</sup>, 高伟<sup>1,3</sup>, 苏景<sup>4</sup>, 李锦坤<sup>1,5</sup>, 汤丽云<sup>6\*</sup>

<sup>1</sup>广州中医药大学中药学院, 广州 510006; <sup>2</sup>广州中医药大学, 中药资源科学教育部(省部共建)重点实验室, 广州 510006

<sup>3</sup>东莞市东糖集团有限公司, 东莞 523243; <sup>4</sup>阳春市砂仁试验示范场, 阳春 529600

<sup>5</sup>广州白云山明兴制药有限公司, 广州 510250; <sup>6</sup>华南农业大学生命科学学院, 广州 510642

**摘要** 通过解剖阳春砂(*Amomum villosum*)小花, 以体视镜观察并测量长果、圆果和仲华3个阳春砂栽培类型小花的形态指标。结果表明, 仲华的假合蕊柱与唇瓣间的纵向距离最小, 但3个栽培类型之间的横向距离差异不显著。假合蕊柱与唇瓣的距离大小主要由假合蕊柱的挺直程度决定, 角度 $\gamma$ 值是栽培类型的特征参数。仲华的花粉囊最长, 长果次之, 圆果最小; 而3个栽培类型间的花粉囊宽度差异不显著; 花粉囊长度的差异是栽培类型的另一个特征。仲华柱头的开口面积与长果和圆果差异不显著; 但长果柱头的开口面积比圆果大。3个栽培类型柱头的开口均高于花粉囊顶端; 圆果柱头的开口与花粉囊顶端的距离( $D_{sp}$ )显著大于长果和仲华, 而长果与仲华的 $D_{sp}$ 差异不显著。该研究建立了阳春砂花器形态的研究方法, 比较了3个栽培类型小花的形态特征, 为寻找适宜的传粉途径和提高产量奠定了基础。

**关键词** 阳春砂, 花器, 假合蕊柱, 花粉囊, 柱头

何国振, 高伟, 苏景, 李锦坤, 汤丽云 (2014). 药用植物阳春砂花器形态特征. 植物学报 49, 313–321.

阳春砂(*Amomum villosum*)隶属姜科(Zingiberaceae)豆蔻属(*Amomum*), 在我国有1 300多年的栽培历史(段立胜等, 2009)。阳春砂的干燥果实春砂仁, 是我国著名四大“南药”之一, 也是《中华人民共和国药典》(2010年版)收录的砂仁品种中的主要品种, 其性温、味辛, 具有化湿开胃、温脾止泻和理气安胎等功效(国家药典委员会, 2010)。春砂仁是传统大宗药材, 我国年需求量约3 000多吨。文献与实地调查结果显示, 春砂仁生产面临的难题是单位产量低(汤丽云等, 2012), 其原因与授粉困难有关(张振珏, 1985)。环境的改变导致为阳春砂授粉的昆虫数量大幅度减少。本研究探讨阳春砂的花器形态特征, 并建立了阳春砂花器形态研究的新方法, 以期寻找适宜的传粉途径及提高产量奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

阳春砂(*Amomum villosum* Lour.)有长果、圆果和仲

华等栽培类型。实验材料为各栽培类型阳春砂当天开放的小花。长果和仲华阳春砂的花取自阳春市砂仁实验示范场, 该示范场位于广东省阳春市春城镇崆峒(东经111°44'30", 北纬22°12'42"), 平均海拔高度为43.6 m。圆果阳春砂的花取自泓洞实验区, 该实验区位于广东省阳春市春湾镇泓洞村钟蕉洞干坑(东经112°3', 北纬22°24'), 平均海拔高度为265.0 m。

### 1.2 实验仪器

OLYMPUS S216型体视镜(联用Micro Publisher 3.3 RTV摄像头, 数据采集软件为Qcapture Pro Version 6.0.0.412 for Windows 2000/XP Professional)和佳能EOS 30D型数码相机。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 阳春砂小花的解剖

剪取刚刚开放的小花, 用镊子和解剖针将小花的各部分顺序分解, 用数码相机或体视镜拍照。

收稿日期: 2013-09-24; 接受日期: 2014-01-28

基金项目: 国家科技支撑计划(No.2011BAI01B02)、海南省中药现代化专项(No.2011ZY003)和海南省星火产业带专项资金(No.HNXH-201321)

\* 通讯作者。E-mail: tly1231@scau.edu.cn

### 1.3.2 假合蕊柱与唇瓣间纵向及横向距离测量

在观察阳春砂小花基本结构时,发现其雌蕊和雄蕊贴生在一起,但并未合生,为了表述方便,我们把这种未合生在一起的雌雄蕊称为假合蕊柱(gynandrium-like)(汤丽云等, 2012)。

剪取刚刚开放的小花,用镊子摘去花瓣后,用刀片纵向切割唇瓣中央加厚带的边缘,暴露出假合蕊柱的侧面,并使唇瓣切口与假合蕊柱侧面对齐。将假合蕊柱的暴露面朝上放于琼脂板上,在体视镜下观察并拍照,用Qcapture Pro Version 6.0.0.412 for Windows 2000/XP Professional软件进行测量。

假合蕊柱与唇瓣间纵向距离的测定方法如图1A所示。从唇瓣基部的外表面作一切线(l),从药隔附属体裂片与假合蕊柱的连接点(a)向切线作一垂线,该垂线与唇瓣切口的内表面相交于点b。定义假合蕊柱与唇瓣间纵向距离为a、b间的直线距离( $d_1$ )。

假合蕊柱与唇瓣间横向距离的测定方法如图1B所示。经过a点作唇瓣切线l的平行线,相交于唇瓣切口的内表面点c,定义假合蕊柱与唇瓣间横向距离为a、c间的直线距离( $d_2$ )。

### 1.3.3 假合蕊柱各部分间夹角的测量

小花的处理方法同1.3.2节。拍照后,将照片打印到纸上。如图2所示,连接花粉囊与花丝凹点和花丝与唇瓣着生基点(即线l),然后对花药背面作切线(即线m),并对唇瓣基部内侧作切线(即线n),三线相交成2个角。角 $\alpha$ 是线l与n的夹角,即花丝和唇瓣的夹角;角 $\beta$ 是线l与m的夹角,即花丝与花药的夹角。用量角器测量角 $\alpha$ 和 $\beta$ 的值。定义角 $\gamma$ 为角 $\alpha$ 与角 $\beta$ 的和。

### 1.3.4 花粉囊长和宽的测量

剪取刚刚开放的小花,去除部分唇瓣后,用刀片切割唇瓣基部,取出假合蕊柱。用镊子夹住药隔顶端的附属体裂片,将花粉囊裂口朝上置于琼脂板上,在体视镜下观察并拍照。用Qcapture Pro Version 6.0.0.412 for Windows 2000/XP Professional软件测量花粉囊的长度(length of anther,  $L_{an}$ )和花粉囊的宽度(width of anther,  $W_{an}$ )。如图3A所示,花粉囊两端的距离即为花粉囊的长度;花粉囊中央最宽处横向距离的一半即为花粉囊的宽度。

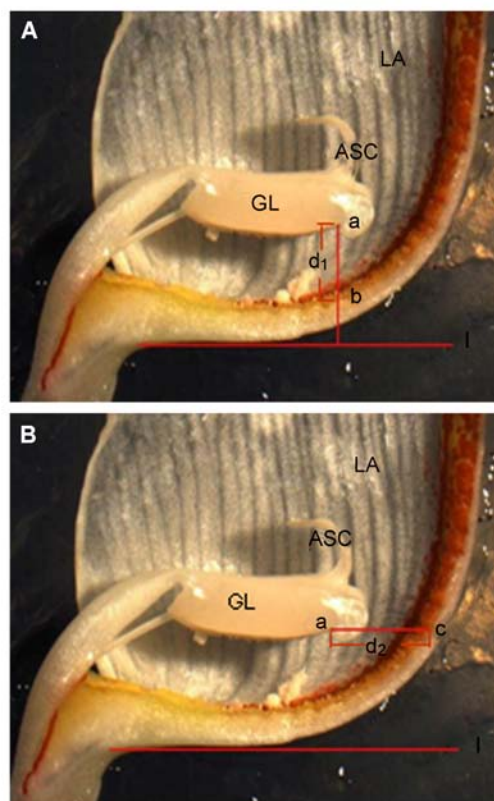


图1 假合蕊柱与唇瓣间纵向距离(A)和横向距离(B)的测定方法图解

ASC: 药隔附属体裂片; GL: 假合蕊柱; LA: 唇瓣; a: 药隔附属体裂片与假合蕊柱的连接点;  $d_1$ : 纵向距离; b: 垂线与唇瓣切口内表面的相交点;  $d_2$ : 横向距离; c: 切线平行线与唇瓣切口内表面的相交点; l: 切线

Figure 1 Illustration of the method for measuring longitudinal (A) and transverse (B) distances between gynandrium-like and labellum

ASC: Attachment splinter of connective; GL: Gynandrium-like; LA: Labellum; a: Connecting point between GL and ASC;  $d_1$ : Longitudinal distance; b: Cross point of vertical line and inner edge of cutting labellum;  $d_2$ : Transverse distance; c: Cross point of parallel line and inner edge of cutting labellum; l: Tangent line

### 1.3.5 柱头开口大小的测定

剪取刚刚开放的小花,去除部分唇瓣后,用刀片切割唇瓣基部,取出假合蕊柱。用镊子夹住药隔顶端的附属体裂片,置于琼脂板上,调整假合蕊柱的角度,使柱头开口正对体视镜镜头,在体视镜下观察并拍照。如图3B所示,柱头开口呈椭圆形或不规则椭圆形。用

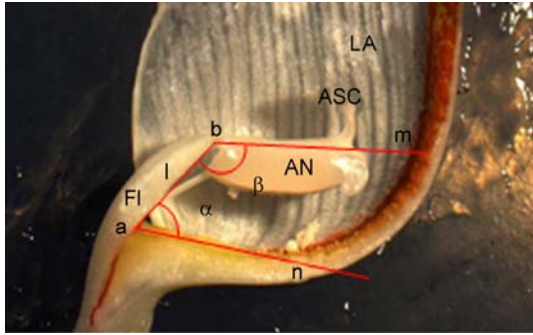


图2 花丝与唇瓣/花粉囊间夹角的测定方法图解

AN: 花粉囊; ASC: 花药附属体裂片; FI: 花丝; LA: 唇瓣; a: 花丝和唇瓣的相交点; b: 花粉囊与花丝凹点; m: 对花药背面所作的切线; n: 对唇瓣基部内侧所作的切线; l: 点a和b的连线;  $\alpha$ : 线l与n的夹角;  $\beta$ : 线l与m的夹角

Figure 2 Illustration of the method for measuring the angels between filament and labellum/anther

AN: Anther; ASC: Attachment splinter of connective; FI: Filament; LA: Labellum; a: Cross point of filament and labellum; b: Turning point of filament joining anther; m: A tangent line made by the back surface of anther; n: A tangent line made by the inner surface of labellum base; l: A line connecting points of a and b;  $\alpha$ : A angle composed by lines l and n;  $\beta$ : A angle composed by lines l and m

Qcapture Pro Version 6.0.0.412 for Windows 2000/XP Professional软件测量柱头开口的长轴(a)和短轴(b)长度, 柱头开口的面积 $S_{\text{柱头}} = \pi \times a \times b / 4$ 。

### 1.3.6 柱头与花粉囊相对位置的观察与距离测定

小花的处理方法同1.3.4节。如图4所示, 经体视镜拍照后, 用Qcapture Pro Version 6.0.0.412 for Windows 2000/XP Professional软件进行测量。测量方法是连接两侧花粉囊顶点成一直线, 经柱头侧边向直线作一垂线, 柱头顶点与花粉囊连线的最短距离即为柱头与花粉囊之间的距离(distance between the tops of stigma and pollen sacs,  $D_{sp}$ )。柱头开口高于花粉囊顶端时,  $D_{sp}$ 为正值(图4A); 相平时 $D_{sp}$ 为0(图4B); 低于花粉囊顶端时,  $D_{sp}$ 为负值(图4C)。

### 1.4 数据处理

用SPSS 20.0软件对数据进行统计和One-Way ANOVA方差分析。数据表示为 $\text{means} \pm \text{SE}$ 。

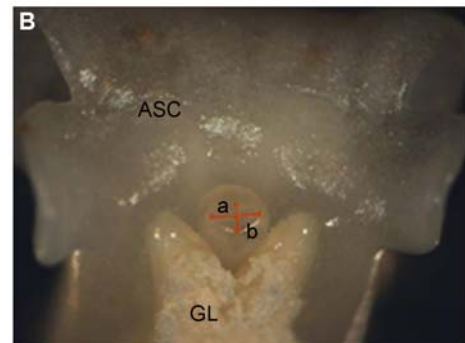
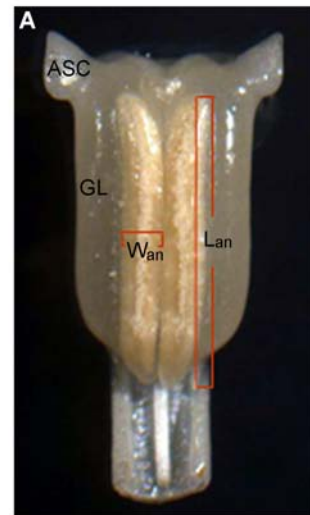


图3 花粉囊大小(A)和柱头开口大小(B)的测定方法图解

ASC和GL同图1。Lan: 花粉囊的长度; Wan: 花粉囊的宽度; a: 柱头开口的长轴; b: 柱头开口的短轴

Figure 3 Illustration of the methods for measuring the size of pollen sac (A) and the opening size of stigma (B)

ASC and GL see Figure 1. Lan: Length of pollen sac; Wan: Width of pollen sac; a: Long diameter; b: Short diameter

## 2 结果与讨论

### 2.1 阳春砂的花

#### 2.1.1 花序

阳春砂具椭圆形花序, 从根状茎上长出(高江云等, 2006)。3种栽培类型中, 长果和圆果阳春砂的花序形态相似, 仲华阳春砂的花序形态与它们有明显区别(图5)。仲华阳春砂花序贴地面生长, 即将开花时才向上生长, 因而看起来仲华阳春砂的花梗较柔弱。即使是同一栽培类型的阳春砂, 其花梗长度也不一致, 花

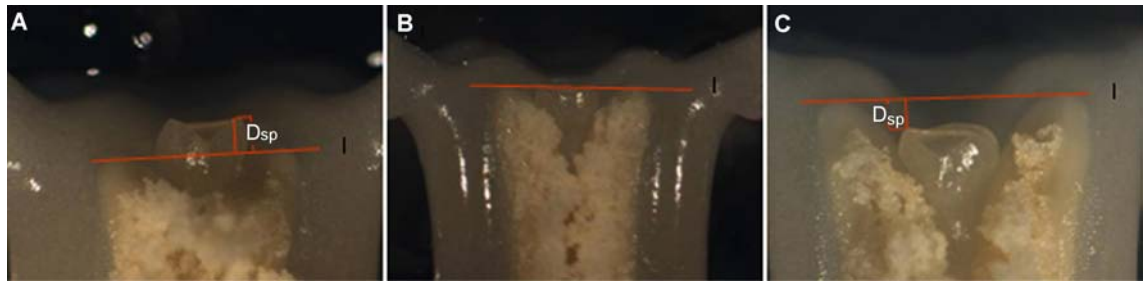


图4 柱头顶端与花粉囊顶端的距离测定方法图解

$D_{sp}$ : 柱头顶端与花粉囊顶端的距离; L: 两侧花粉囊顶端连接线

Figure 4 Illustration of the method for measuring distance between the top of stigma and pollen sacs

$D_{sp}$ : Distance between the top of stigma and pollen sacs; L: A straight line connecting the top of pollen sacs

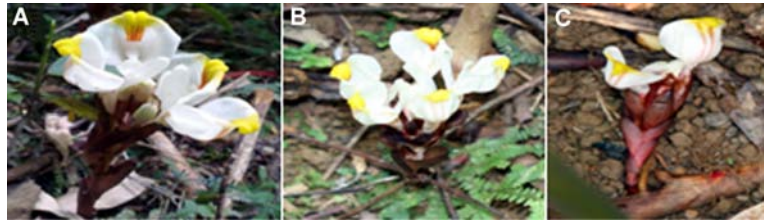


图5 3个品种阳春砂的花序形态比较

(A) 长果阳春砂; (B) 圆果阳春砂; (C) 仲华阳春砂

Figure 5 Comparison of anthotaxy configurations among of three *Amomum villosum* cultivars

(A) *Amomum villosum* cv 'Changguo'; (B) *Amomum villosum* cv 'Yuanguo'; (C) *Amomum villosum* cv 'Zhonghua'

梗的长短与地面覆盖物的厚薄有关。覆盖物厚处的花梗长，覆盖物薄处的花梗短。

### 2.1.2 小花数目

每个小花都有可能发育成1个果实。小花数目的多寡，在一定程度上影响着果实的产量。我们随机统计了3个栽培类型小花的数目，每个栽培类型统计18个花序(图6)。结果发现，长果、圆果和仲华阳春砂的小花平均数目分别为11.1朵、10.6朵和8.1朵。三者比较，仲华阳春砂的小花数目少于长果和圆果阳春砂，且差异显著；而长果和圆果两个栽培类型间的小花数目差异不显著。

### 2.1.3 小花的结构

阳春砂小花由花梗、苞片、花萼、花冠、雄蕊和雌蕊等组成。花梗粉红至褐色；苞片、花萼和花冠均呈管状，分别呈褐色、淡红色和白色，其中花冠由3个长匙

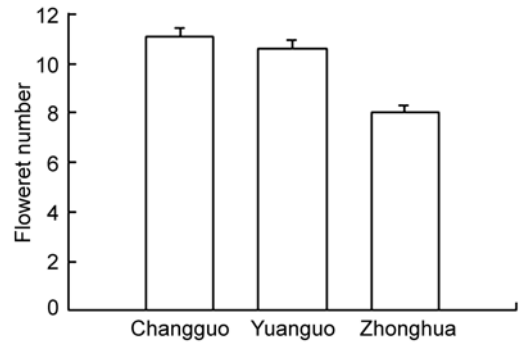


图6 3个栽培品种阳春砂的小花数目比较

Figure 6 Comparison of floweret numbers among of three *Amomum villosum* cultivars

形裂片组成。唇瓣为小花最显著的特征，其形状呈圆匙形、白色且沿突起的中脉有一条间有红色斑点的黄绿色色带；唇瓣顶端具有2浅裂、反卷、黄绿色或浅绿色的小尖头。雄蕊1枚，长圆形花药贴生于扁平的



花丝上; 具带3裂片的药隔附属体, 中间裂片大、呈半圆形, 两侧裂片小、呈耳状。显微观察结果表明, 花药含4个花粉囊, 开花时两侧的花粉囊各合并成1室, 花粉囊纵裂(未发表资料)。花柱细长, 从2对花粉囊中间穿过, 柱头呈杯状, 夹于花粉囊之间; 花柱和柱头与雄蕊未愈合生长。

罗献瑞(1992)、陈锡沐(2002)、高江云等(2006)和陈蔚文(2010)对阳春砂小花的组成进行了详略不同的报道。需要指出的是, 虽然阳春砂的花粉囊与部分花柱和柱头紧密贴生在一起, 但是与兰科植物完全合生在一起的合蕊柱不同。为了准确描述阳春砂小花的这种特殊结构, 我们称之为假合蕊柱(汤丽云等, 2012)。

## 2.2 假合蕊柱与唇瓣间的距离

假合蕊柱与唇瓣间的距离可能会影响阳春砂传粉者的种类和访花行为, 假合蕊柱与唇瓣间横向和纵向距离的增大会给访花昆虫创造更大的空间。为了比较不同栽培类型假合蕊柱与唇瓣间的距离, 我们对此进行了量化(表1)。从表1可以看出, 仲华阳春砂的假合蕊柱与唇瓣间的纵向距离小于长果和圆果, 且差异显著; 圆果和长果间则差异不显著。三者的假合蕊柱与唇瓣间的横向距离无显著差异。

通过仔细观察小花形态, 我们认为假合蕊柱与唇瓣间距离的大小主要由假合蕊柱的挺直程度决定。

## 2.3 假合蕊柱挺直模型的建立

为了准确刻画假合蕊柱的挺直程度, 我们测量了3个栽培类型阳春砂的 $\alpha$ 和 $\beta$ 角度, 并统计了 $\gamma$ 角度, 结果见表2。

从表2可以看出, 长果阳春砂假合蕊柱的角 $\alpha$ 与圆果和仲华的相似, 无显著差异; 但圆果阳春砂的角 $\alpha$ 大于仲华, 且差异显著; 3个栽培类型的 $\beta$ 角差异显著, 从大到小依次为: 长果>圆果>仲华, 即说明长果阳春砂假合蕊柱的挺直程度大于圆果和仲华; 圆果阳春砂假合蕊柱的 $\beta$ 角也显著大于仲华。因而, 3个栽培类型的 $\gamma$ 值差异显著, 且 $\gamma_{\text{长果}} > \gamma_{\text{圆果}} > \gamma_{\text{仲华}}$ 。此结构模型的建立刻画了花药和唇瓣及花丝之间连接部位的变动角度对假合蕊柱挺直程度的影响, 且角 $\beta$ 的贡献大于角 $\alpha$ 。

通过分析3个栽培类型假合蕊柱与唇瓣间的距

离, 可以看出 $\gamma$ 值小的仲华, 其假合蕊柱与唇瓣间的纵向距离也短。这与我们的观察结果相符, 证明了角度的变化是导致假合蕊柱与唇瓣间距离变化的主要原因; 同时, 也说明我们建立挺直模型的方法正确。

长果和仲华阳春砂均取材于砂仁场, 其栽培条件一致。所以,  $\gamma$ 值的差异代表的是栽培类型间的遗传差异, 是栽培类型的特征。

## 2.4 花粉囊的大小

阳春砂花粉囊的大小可造成花粉量、花药开裂时间以及开裂程度等的差异。因此, 我们对花粉囊的长度( $L_{an}$ )和宽度( $W_{an}$ )进行了测定, 结果见表3。

从表3可以看出, 3个阳春砂栽培类型间的 $L_{an}$ 均存在显著性差异, 仲华阳春砂的花粉囊最长, 长果次之, 圆果最小; 三者 $W_{an}$ 则差异不显著。

由于长果和仲华阳春砂的生长环境相似, 故同样可以认为, 花粉囊长度的差异是栽培类型间的一个特征。

## 2.5 柱头开口大小

阳春砂柱头呈杯状, 杯口椭圆形。杯口大小不同, 花粉落入柱头的难易程度也不一样。因此, 测定柱头的开口面积可以预测传粉的难易。3个栽培类型阳春砂柱头的开口面积见表4。从表4可以看出, 仲华、长果和圆果柱头的开口面积稍有不同, 仲华阳春砂柱头的开口面积与长果和圆果相比差异不显著; 但长果阳春砂柱头的开口面积比圆果大。

由于圆果阳春砂采自泓垌实验区, 长果和仲华采自砂仁场, 两地的气候环境和立地条件存在较大差异。圆果阳春砂柱头的开口面积明显小于长果, 这是栽培类型特性的差异还是环境因素引起的, 有待进一步研究。

## 2.6 柱头顶端与花粉囊顶端的相对距离

通过观察, 发现柱头顶端(开口)与花粉囊顶端的相对距离有多种情况, 有些柱头开口稍低于花粉囊顶端, 有些稍高于花粉囊顶端, 有些则持平。为了准确衡量这一指标, 我们采用解剖的方法, 利用体视镜观察并拍照, 测量了柱头顶端与花粉囊顶端的距离, 结果见表5。

表5数据显示, 3个栽培类型阳春砂柱头的开口均

表1 3个栽培类型阳春砂假合蕊柱与唇瓣间距离的比较

Table 1 Comparison of distances between gynandrium-like and labellum among of three *Amomum villosum* cultivars

Cultivars	Changguo (n=10)	Yuanguo (n=27)	Zhonghua (n=35)
Longitudinal distance between gynandrium-like and labellum (μm)	1 831.8±112.58 a	1 905.7±139.35 a	1 253.2±45.30
Transverse distance between gynandrium-like and labellum (μm)	2 331.8±180.94 b	2 679.4±176.34 b	2 576.6±133.41 b

相同字母表示在0.05水平上差异不显著。不具或具不同字母表示在0.05水平上差异显著。

Values in column followed by the same letters are not significantly different while those without or with different letters are significantly different at 5% level.

表2 3个栽培类型阳春砂假合蕊柱α、β和γ角度的比较

Table 2 Comparison of angle values of α, β and γ among of three *Amomum villosum* cultivars

Cultivars	Changguo (n=10)	Yuanguo (n=20)	Zhonghua (n=35)
α (°)	42.25±1.28 ab	43.05±1.20 b	40.4±0.53 a
β (°)	148.55±1.78	143.5±0.85	139.69±0.76
γ (°)	190.8±0.76	186.55±1.23	180.09±0.64

相同字母表示在0.05水平上差异不显著。不具或具不同字母表示在0.05水平上差异显著。

Values in column followed by the same letters are not significantly different while those without or with different letters are significantly different at 5% level.

高于花粉囊顶端。圆果阳春砂的 $D_{sp}$ 值最大,与长果和仲华相比差异显著;长果与仲华的 $D_{sp}$ 值差异不显著。需要指出的是,尽管统计结果表明3个栽培类型柱头的开口均高于花粉囊顶端,但在同一栽培类型中,都存在柱头低于花粉囊顶端或与花粉囊顶端持平的小花个体。

柱头开口高于花粉囊顶端,是造成阳春砂自花授粉困难的原因之一。当然,这也是阳春砂在空间位置上隔离雌雄蕊以寻求异花授粉的进化结果。

2.7 讨论

阳春砂小花形态最显著的特征是碗状唇瓣扣住假合蕊柱顶端(即柱头的开口),这一特征导致其花粉传媒种类较少(樊瑛等, 1986; 朱涛等, 1989; 何振兴等, 1992; 张文庆等, 2006; 彭建明等, 2012); 另外, 阳春砂花粉表面有刺状突起, 相互黏结成团, 不易单独散播。因此, 阳春砂不借助外界传粉媒介将很难授粉(张文庆等, 2006), 其自然授粉率只有1%–12%(韩德聪, 1978; 彭建明等, 2012)。

彩带蜂如黄绿彩带蜂(*Nomia strigata*)是阳春砂

的高效授粉昆虫(樊瑛等, 1986; 何振兴等, 1992; 张文庆等, 2006; 彭建明等, 2012), 其1次授粉的座果率可达81.52%(樊瑛等, 1986), 然而即使在环境优良的云南省西双版纳, 彩带蜂的数量也非常有限(彭建明等, 2012)。中蜂(*Apis cerana*)和意蜂(*Apis mellifera*)等虽也能为阳春砂传粉, 但效果较差(何振兴等, 1992; 彭建明等, 2012)。朱涛等(1989)的研究结果表明, 西双版纳野生中蜂1次授粉的座果率为14.29%, 是人工授粉座果率的一半; 作者认为中蜂授粉率较高的原因与其访花行为有关。中蜂有两种访花行为, 一种是飞落在唇瓣上, 骑于假合蕊柱的背面, 从正面竖抱假合蕊柱, 打开小花用前足采集花粉, 这种采粉行为可将花粉抹到柱头上, 传粉作用良好; 另一种是飞落在唇瓣上, 在假合蕊柱的背侧用前足采集花粉, 这种采粉行为可间或将花粉抹到柱头上, 有一定的传粉作用。

彭建明等(2012)通过调查自然传粉和人工辅助授粉的结实率, 认为阳春砂为异花授粉植物, 但具有一定的自交亲和性。然而, 阳春砂不具卷曲性花柱(陈绪超和李庆军, 2008), 不能靠花柱卷曲性来避免异交; 此外, 阳春砂的花粉虽具黏性, 但没有黄花大苞姜(*Caulokaempferia coenobialis*)的花粉滑动机制(Wang et al., 2004)来完成自花授粉。很明显阳春砂是依靠少数专性授粉昆虫(如彩带蜂)传粉的异花授粉植物。目前, 因授粉昆虫数量剧减, 多用人工代替授粉昆虫的工作, 这种转变势必会增加生产成本。可是即使用人工授粉, 阳春砂平均亩产也不足10 kg。

显而易见, 饲养彩带蜂为阳春砂授粉是一条提高阳春砂授粉率的有效途径。但因基础研究缺乏, 要实现包括彩带蜂在内的大部分传粉昆虫规模化饲养还存在不少问题(郭柏寿等, 2001)。目前尚未见饲养彩带蜂为阳春砂授粉的报道。虽然, 中蜂不是阳春砂的

表3 3个栽培类型阳春砂花粉囊长和宽的比较

Table 3 Comparison of anther lengths and widths among of three *Amomum villosum* cultivars

Cultivars	Changguo (n=30)	Yuanguo (n=30)	Zhonghua (n=35)
Length of pollen sac (μm)	6 300.01±77.59	5 531±52.15	6 850.66±59.73
Width of pollen sac (μm)	881.88±27.05 a	827.38±37.09 a	868.90±10.17 a

相同字母表示在0.05水平上差异不显著。不具或具不同字母表示在0.05水平上差异显著。  
Values in column followed by the same letters are not significantly different while those without or with different letters are significantly different at 5% level.

表4 3个栽培类型阳春砂柱头开口面积的比较

Table 4 Comparison of mouth areas of stigmas among of three *Amomum villosum* cultivars

Cultivars	Changguo (n=30)	Yuanguo (n=30)	Zhonghua (n=35)
Mouth area of stigma (μm <sup>2</sup> )	124 420.54±8 478.06 a	105 734.83±4 886.08 b	116 541.95±4 687.93 ab

相同字母表示在0.05水平上差异不显著。不具或具不同字母表示在0.05水平上差异显著。  
Values in column followed by the same letters are not significantly different while those without or with different letters are significantly different at 5% level.

表5 3个栽培类型阳春砂柱头与花粉囊顶端距离的比较

Table 5 Comparison of distances between the tops of stigma and anthers among of three *Amomum villosum* cultivars

Cultivars	Changguo (n=30)	Yuanguo (n=30)	Zhonghua (n=35)
Distance between the tops of stigma and anthers (μm)	87.29±33.16 a	152.12±16.62	53.33±9.59 a

相同字母表示在0.05水平上差异不显著。不具或具不同字母表示在0.05水平上差异显著。  
Values in column followed by the same letters are not significantly different while those without or with different letters are significantly different at 5% level.

高效授粉昆虫,但也有一定的授粉效果(朱涛等,1989)。我们在泓垌实验区仔细观察了中蜂的访花行为(未发表资料),发现中蜂喜欢从假合蕊柱与唇瓣形成的空隙侧部访花,但也会从该空隙的前部访花,与朱涛等(1989)的研究结果相似。由于柱头开口在假合蕊柱的顶端,从侧部访花行为不能为阳春砂授粉,从空隙前部访花行为则可以授粉。中蜂多在柱头的两侧活动,极少在柱头正面活动,推测可能的原因是假合蕊柱顶端与唇瓣间的空隙太小,中蜂不能穿过。

中蜂可人工饲养,且个体数量庞大,如能改变阳春砂小花的形态,让中蜂(或其它昆虫)可在柱头周围自由活动,或许可以提高自然座果率。基于这一设想,对阳春砂花器的形态特征进行了研究,为将来改变阳春砂花器形态以适应中蜂或其它昆虫授粉打下基础。

通过测定假合蕊柱与唇瓣的角度,以及花粉囊与花丝的角度,我们准确刻画了阳春砂不同栽培类型假合蕊柱的挺直程度,并建立了假合蕊柱的挺直模型。挺直模型中γ值的大小与假合蕊柱到唇瓣距离的长短

存在相关性,表明挺直模型的建立方法正确;比较γ值的大小,可以估测假合蕊柱与唇瓣间的距离。本研究中,3个栽培类型假合蕊柱的挺起程度从高到低依次为:长果>圆果>仲华。挺直程度越高,为其授粉的昆虫越多。因此,假合蕊柱的挺直程度可作为培育能自然授粉的阳春砂的一个指标。

通过比较3个栽培类型阳春砂柱头开口与花粉囊顶端的相对位置,发现柱头的开口总体上高于花粉囊顶端,这可有效避免自花授粉。然而,3个栽培类型中都不同程度地存在柱头开口低于或平于花粉囊顶端的小花个体,说明存在自花授粉的可能。这一发现证明了阳春砂为异花授粉植物,且具有一定的自交亲和性。

花粉囊的大小预示着花粉数量的多寡,花粉数量多,有利于传粉。仲华的花粉囊最长,长果次之,圆果最短。花粉量测定结果表明,仲华每一小花的花粉量是圆果的1.79倍(未发表资料)。本研究中的长果和仲华生长环境相似,说明花粉囊长度的差异不是环境

因素造成的,是栽培类型的特征。同样,假合蕊柱的挺直程度也是栽培类型的特征。

## 参考文献

- 陈蔚文 (2010). 岭南本草(一). 广州: 广东科技出版社. pp. 297–328.
- 陈锡沐 (2002). 南方名贵药材栽培与加工. 广州: 广东科技出版社. pp. 160–180.
- 陈绪超, 李庆军 (2008). 3种豆蔻属植物的异交率检测初报. 云南大学学报(自然科学版) **30**, 531–534, 540.
- 段立胜, 张丽霞, 彭建明, 马洁 (2009). 西双版纳阳春砂仁种质资源调查初报. 时珍国医国药 **20**, 627–628.
- 樊瑛, 刘英慧, 王成福, 陈伟平, 吴燕如 (1986). 砂仁传粉蜜蜂的研究. 热带作物学报 **7**, 131–137, 153.
- 高江云, 夏永梅, 黄加元, 李庆军 (2006). 中国姜科花卉. 北京: 科学出版社. pp. 75–75.
- 郭柏寿, 杨继民, 许育彬 (2001). 传粉昆虫的研究现状及存在的问题. 西北农业学报 **14**(4), 102–108.
- 国家药典委员会 (2010). 中国药典(一部). 北京: 化学工业出版社. pp. 236–237.
- 韩德聪 (1978). 春砂仁(*Amomum villosum* Lour.)开花、落果的实验生态学研究. 中山大学学报(自然科学版) (3), 75–80.
- 何振兴, 胡延松, 卫锡锦 (1992). 广西砂仁昆虫传粉的研究. 中国中药杂志 **17**, 273–274.
- 罗献瑞 (1992). 实用中草药彩色图集. 广州: 广东科技出版社. pp. 382–385.
- 彭建明, 李荣英, 李戈, 王艳芳 (2012). 阳春砂仁授粉特性与传粉昆虫的研究. 云南中医学院学报 **35**(4), 51–55.
- 汤丽云, 何国振, 苏景, 徐鸿华 (2012). 道地春砂仁产业发展的策略研究. 中国农学通报 **28**, 94–99.
- 张文庆, 杨沛, 陈东, 温瑞贞 (2006). 春砂仁的访花昆虫种类及其访花和筑巢行为. 昆虫知识 **43**, 678–680.
- 张振珏 (1985). 阳春砂仁人工授粉的生物学基础. 植物学通报 **3**, 43–44.
- 朱涛, 朱纯, 江开交, 宁玲 (1989). 砂仁的一种传粉昆虫——中蜂的研究. 中药材 **12**, 13–15.
- Wang YQ, Zhang DX, Renner SS, Chen ZY (2004). Botany: a new self-pollination mechanism. *Nature* **431**, 39–40.



## Floweret Configuration Characters of the Medicinal Plant *Amomun villosum*

Guozhen He<sup>1,2</sup>, Wei Gao<sup>1,3</sup>, Jing Su<sup>4</sup>, Jinkun Li<sup>1,5</sup>, Liyun Tang<sup>6\*</sup>

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

<sup>2</sup>Key Laboratory of Chinese Medicine Resources of Ministry of Education, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510006, China; <sup>3</sup>Dongguan Dongtang Group Company Limited, Dongguan 523243, China

<sup>4</sup>Yangchun Field Test and Demonstration of *Amomum villosum*, Yangchun 529600, China

<sup>5</sup>Guangzhou Baiyunshan Mingxing Pharmaceutical Company Limited, Guangzhou 510250, China

<sup>6</sup>College of Life Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China

**Abstract** Flower configuration is related to the species of pollinators. The special configuration of the *Amomun villosum* floweret may limit the number of pollinator species. To understand the floweret configuration of *A. villosum*, we developed a new method for finding the proper pollination route and increasing yield. Here we report the method and results for the configuration characters of three *A. villosum* cultivars: Changguo, Yuanguo and Zhonghua. The longitudinal (LDgl) and transverse (TDgl) distances between the gynandrium-like and labellum were measured by stereomicroscopy. The floweret was anatomized before evaluating distances. The labellum of a blossoming floweret was cut along the thickest and colored zone, which resulted in a plane composed of the edges of gynandrium-like and cutting surface. The plane was placed upright to the lens of the stereomicroscope for imaging. The distances were evaluated on the image by use of Qcapture Pro 6.0.0412. The TDgl of Zhonghua was shortest, with no difference in LDgl among the 3 cultivars. The angle between the filament and labellum or anther was named  $\alpha$  or  $\beta$ . We created a model of gynandrium-like stance by evaluating angles of  $\alpha$  and  $\beta$ . The level of LDgl or TDgl depends on the standing extent of gynandrium-like. The value ( $\gamma$ ) of sum of  $\alpha$  and  $\beta$  is a cultivar characteristic parameter of *A. villosum*. We measured the longest length ( $L_{an}$ ) and widest width ( $W_{an}$ ) of pollen sac.  $L_{an}$  ranged from long to short in the order of Zhonghua, Changguo and Yuanguo, with no difference in  $W_{an}$ . The difference in  $L_{an}$  is another cultivar characteristic of *A. villosum*. The stigma is cup-shaped and the size of the mouth was measured. The mouth area was larger for Changguo than Yuanguo, with no difference between Zhonghua and Changguo or Yuanguo. The distance between the tops of stigma and anthers ( $D_{sp}$ ) was measured. Stigma mouth sizes were higher than anther tops. The  $D_{sp}$  was lower for Yuanguo than Changguo and Zhonghua, with no difference between Changguo and Zhonghua.

**Key words** *Amomun villosum*, floweret structure, gynandrium-like, anther, stigma

**He GZ, Gao W, Su J, Li JK, Tang LY** (2014). Floweret configuration characters of the medicinal plant *Amomun villosum*. *Chin Bull Bot* **49**, 313–321.

---

\* Author for correspondence. E-mail: tly1231@scau.edu.cn