

明党参花后果实发育的外部形态特征变化

刘玉龙, 刘启新^①, 宋春风, 褚晓芳, 王 珂, 李美芝

[江苏省·中国科学院植物研究所(南京中山植物园), 江苏 南京 210014]

摘要: 中国特有伞形科植物明党参(*Changium smyrnioides* Wolff)花后果实发育过程可分为幼果、中果和熟果3个发育阶段,后两个阶段可分别划分为3个时期。正常成熟的明党参果实为2个分生果完全分离并悬垂的双悬果,属于伞形科中果体轻度背腹压扁、无果棱的类型,并雏形于幼果阶段、成形于中果阶段、完成于熟果阶段;果实中的2个分生果有时有不均等发育现象。花柱及花柱基伴随果体发育并宿存于果体,形成果体与花柱基-花柱的复合体。随果体的增大,果体形状由最初的近陀螺形发育为双肾状长圆形;果棱在幼果和中果阶段时可见,至成熟阶段消失;熟果初期棱槽油管可呈现明显的横隔样结构;果体颜色由幼果期的深绿色变为中果后期的浅绿色,完全成熟时呈褐色或黑棕色。花柱分叉角度从幼果期的 $60^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 增大至中果阶段的 $90^{\circ}\sim 220^{\circ}$,成熟阶段大于 220° ;花柱基由圆锥形变为圆台状;幼果、中果和熟果阶段花柱基高度与果体长度的比值分别为 $1.0\sim 0.8$ 、 $0.8\sim 0.1$ 和小于 0.1 。花柱分叉角度和花柱基高度与果体长度的比值可作为判断明党参果实发育程度和阶段的重要标志。

关键词: 伞形科; 明党参; 果实发育; 外部形态特征

中图分类号: Q949.763.304; Q944 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2010)02-0001-07

Change of external morphologic features of cremocarp during development after falling of flowers of *Changium smyrnioides* (Apiaceae) LIU Yu-long, LIU Qi-xin^①, SONG Chun-feng, CHU Xiao-fang, WANG Ke, LI Mei-zhi (Institute of Botany, Jiangsu Province and the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2010, 19(2): 1-7

Abstract: The fruit development process after falling of flowers of *Changium smyrnioides* Wolff, an endemic species of Apiaceae in China, is divided into young, middle and mature fruit phases. The latter two phases can be further divided into three stages, respectively. The fruit of *C. smyrnioides* is a cremocarp with two mericarps completely separated and overhung. The mericarp belongs to the slightly dorso-compressed and ribless type, which forms prototype in young fruit phase, takes shape in middle fruit phase and fixes shape in mature fruit phase. Occasionally, the two mericarps in a cremocarp develop unequally. The style and stylopodium develop along with cremocarp body, persist on the mericarp body, and form a complex with mericarp body. With fruit body enlarging, the cremocarp shape changes from first sub-whirligig shape to double kidney-shape long round. The ribs are visible evidently from young to middle fruit phases, while are not visible in mature fruit phase. The vittae in vallecular canal appear obviously the like-trabecula structure in initial stage of mature fruit phase. Fruit color changes from deep green in young fruit phase to light green in middle fruit phase, then changes into brown or dark brown in mature fruit phase. Forked angle of two stylus changes from $60^{\circ}\sim 90^{\circ}$ in young fruit phase to $90^{\circ}\sim 220^{\circ}$ in middle fruit phase, and to greater than 220° in mature fruit phase. The stylopodium shape changes from coniform to truncated cone-shaped. Ratio of stylopodium height to fruit body length in young, middle and mature fruit phases is $1.0\sim 0.8$, $0.8\sim 0.1$ and less than 0.1 , respectively. It is suggested that forked angle of stylus and ratio of stylopodium height to fruit body length can be used as important indexes for distinguishing development phase of *C. smyrnioides* cremocarp.

Key words: Apiaceae; *Changium smyrnioides* Wolff; fruit development; external morphologic feature

收稿日期: 2010-03-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30370102); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX2-YW-Z-0920)

作者简介: 刘玉龙(1978—),男,黑龙江绥化人,硕士研究生,主要从事植物资源及植物系统演化研究。

^①通信作者 E-mail: naslqx@yahoo.com.cn

明党参 (*Changium smyrnioides* Wolff) 是中国华东地区特有植物, 隶属于伞形科 (Apiaceae) 芹亚科 (Apioideae) 美味芹族 (Smyrnieae Koch) 明党参属 (*Changium* Wolff), 为单型属种类, 分布于北纬 $28^{\circ} \sim 33^{\circ}$ 、东经 $114^{\circ} \sim 122^{\circ}$ 的江苏中部和南部、浙江北部、安徽中部和南部、江西北部以及湖北东部^[1]。该种长期以来作为药用植物使用, 其根(药用部位)具有利肺、合胃、化痰、解毒作用^[2]。迄今为止, 已有许多学者分析了明党参的化学成分^[3-10]和药理作用^[11-13], 并从植物解剖学、孢粉学、细胞生物学以及分子系统学等多方面进行了研究^[14-20], 但目前尚未见有关明党参果实发育方面的研究报道, 对果实发育过程中外部形态特征的动态变化更缺乏系统观察和研究。

有关明党参果实形态的研究大多涉及的是成熟果实^[14]。为了能够全面了解明党参果实的发育过程以及不同发育阶段果实形态特征及其变化规律, 为其濒危机制及保护生物学的研究提供基础资料, 作者观察和比较了明党参开花及果实发育全过程的形态和解剖特征。本文报道的是有关明党参花后果实发育过程中外部形态特征的观察结果。

1 材料和方法

明党参的观察材料取自安徽省合肥市大蜀山。取材时间为2009年5月至6月, 取材方式为随机取样。根据发育过程, 在花瓣和雄蕊完全脱落后到果实完全成熟变黑期间取不同发育期的新鲜果实, 用于观察研究。外部形态特征观察采用野外与室内观察相结合的方法。在野外进行果实生长状况的观察, 在室内对不同发育期的果实外部形态特征进行进一步的观察、描述和拍照。

2 观察结果

依据果体及其附属部分的花柱及花柱基等外部特征, 将明党参花后的果实发育过程分为幼果发育阶段、中果发育阶段和熟果发育阶段, 且后两个阶段各自又分为3个发育期, 各阶段的果实形态见图版 I-1。幼果发育阶段与子房期的分界以花瓣完全脱落为标志, 此期较短; 中果发育阶段果实由深绿转淡且逐渐分生, 相当于果膨大期, 时间比较长; 熟果发育阶段从分生果几近分离、颜色变黄, 到分生果完全分离并

变成黑棕色, 相当于果后期或末期。明党参果实3个发育阶段及其不同发育期果实的外部形态特征及变化过程分述如下, 观察结果见表1和图版 I。

2.1 幼果发育阶段

明党参果实的幼果发育阶段很短, 不再进行细分, 仅有幼果期(图版 I-2)。

果体较小, 外形呈侧面微扁的近陀螺形, 上宽下尖, 近上部向内微收缩, 近顶部直立, 形成“颈部”, 与花盘连成一体, 其上着生有5个大小不等、呈微突状或钻形的萼齿; 果体表面有棱状突起; 侧面中部有纵向浅凹槽, 2个分生果开始发育并微现锥形。果体顶部有花柱(和花柱基)以及花萼, 形成附属关系。花柱细长, 粗细较均匀, 上部微外弯, 顶端有较小的圆球状柱头; 2个花柱微向外叉开呈羊角状, 彼此间有 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 的夹角; 花柱基部陡然呈圆锥状膨大隆起; 花盘发达, 呈圆盘状, 微宽于花柱基部的膨大部分, 其上部与花柱基部膨大部分浑然成一体, 密不可分, 形成花柱基部-花盘复合体(在伞形科中特简称为花柱基); 花柱基扁圆锥状, 表面平滑, 其锥体上部有腺体, 下部向内微收缩。这个时期花柱基的宽度比果体宽, 其高度与果体长度的比值为 $1.0 \sim 0.8$ 。纵观幼果与花柱基的形态, 呈现细腰葫芦状或反向双陀螺形, 其上半部为花柱基, 下半部为果体, 中部较细的“颈部”为花萼着生段。

2.2 中果发育阶段

根据果体和花柱特征, 明党参果实的中果发育阶段可分为中果期 I、中果期 II 和中果期 III 3个发育期。

中果期 I: 果实开始纵向生长, 果体呈现稍平的侧面和圆的背部, 且侧面中部的纵向浅沟更明显, 分生果锥形渐现(图版 I-3, 4)。锥形分生果下部向内微收, 端部向内侧急收并渐斜; 上部微收缩, 端部呈平截状; 分生果侧面向内陷的沟槽面略呈现出腹面的锥形。柱头不显, 败育萎缩; 2个花柱进一步叉开, 分叉角度为 $90^{\circ} \sim 130^{\circ}$; 花柱基圆台状, 其下部的花盘基部分向内收缩; 花柱基宽度与果体宽度近等, 其高度与果体长度的比值明显小于1, 一般为 $0.8 \sim 0.4$ 。

中果期 II: 这一时期的果实与上一时期的不同之处主要表现为果体中下部开始横向生长, 两侧进一步变扁, 背部向外隆起呈圆形, 果体呈稍扁的长卵形, 侧面中部的纵向沟槽继续内陷, 分生果进一步显现(图版 I-5~7)。分生果侧面观呈弦切半圆形, 下部顶端向内收缩。2个分生果的结合处明显形成短腹面。

2个花柱弯曲,分叉角度增大,有时平叉或微反曲,达到 $130^{\circ} \sim 180^{\circ}$;花柱基呈台状扁锥形,基部的花盘进一步显现;花柱基显著小于果体,二者高度的比值一般为 $0.4 \sim 0.2$ 。

中果期Ⅲ:这一时期分生果已基本形成,但仍未分离(图版 I-8~10)。2个分生果结合处向内深陷呈平直的缝隙状。果体进一步膨大呈肾状长圆形,背部胀圆,侧面渐圆凸。果体已呈现明显的腹面;腹面与侧面形成明显的圆弧状转折;整个果体表面绿色变浅,隐约可见果棱或光滑无棱。2个花柱彼此极度分开,从花柱基部平叉或向下反折,分叉角度 $180^{\circ} \sim 220^{\circ}$ (或 $\sim 240^{\circ}$);花柱基呈垫状,下部的颈部明显;花柱基明显小于果体,二者高度的比值为 $0.2 \sim 0.1$ 。

2.3 熟果发育阶段

根据果体颜色、大小及表面光滑度等特征,将明党参果实的熟果发育阶段分为熟果期 I、熟果期 II 和熟果期 III 3个时期。

熟果期 I:这一时期分生果的特征与中果期 III 基本相似,但分生果进一步形成(图版 I-11),果体进一步增长,两侧面向外显著突起,2个分生果仅腹面的中央心皮柄处结合面相连或几近分开。果体的颜色

由浅绿变黄,呈绿黄色。果体表面不见果棱,但可见浅褐色的果棱油管(细型)和棱槽油管(宽型)(图版 I-11),其中后者可见横隔样结构(另文发表)(图版 I-12)。花柱继续向下反折,2个花柱的分叉角度为 $220^{\circ} \sim 240^{\circ}$ (或反向钝角);花柱基很小,其高度与果体长度的差距更大,二者的比值约为 0.1 。

熟果期 II:在熟果期 I 的基础上,果实颜色继续变深,呈黄棕色,2个分生果完全分离(图版 I-13)。分生果的果体渐长,两端渐细,表面可见 $8 \sim 12$ 条深褐色的油管。花柱向外折曲,进一步靠向果体;花柱基下部的颈部明显。分生果的腹面平。

熟果期 III:这一时期果实颜色已呈黑棕色(图版 I-14~17),完全成熟。2个分生果通过果体腹面的顶部分别悬挂于分裂到底的心皮柄顶端(图版 I-16, 17)。分生果呈肾状长圆形,两端窄圆;背面向外呈圆弧状隆起(图版 I-14),腹面向内凹陷(图版 I-15);因棱槽油管不规则突起,果实表面隐约似“棱”。

另外,值得注意的是,在明党参果实的各个发育时期,2个分生果均可能出现不均等发育的现象(图版 I-18~20),也就是说,其中1个分生果在果实发育的任何阶段都有可能停止发育。

表1 明党参果实不同发育阶段部分外部形态特征的比较¹⁾

Table 1 Comparison of some external morphologic features of fruit in different development phases of *Changium smyrnioides* Wolff¹⁾

发育阶段 Development phase	Rs	Cs	果体形状 Shape of fruit body	果棱可见度 Rib visibility	花柱分叉 角度/($^{\circ}$) Forked angle between two stylus	合生面分离程度 Separated degree of commissure
幼果阶段 Young fruit phase	1.0-0.8	$W_s > W_f$	微扁的陀螺形 Slightly flat whirligig shape	微见 Slight appearance	60-90	小部分 Small part (<1/2)
中果阶段 Middle fruit phase						
中果期 I Middle fruit stage I	0.8-0.4	$W_s \geq W_f$	扁陀螺形 Flat whirligig shape	可见,小 Appearance, small	90-130	小部分 Small part (<1/2)
中果期 II Middle fruit stage II	0.4-0.2	$W_s \leq W_f$	近圆形或近卵形 Sub-round or sub-oval shape	隐约可见 Less appearance	130-180	小部分 Small part (<1/2)
中果期 III Middle fruit stage III	0.2-0.1	$W_s < W_f$	肾状长圆形 Kidney-shape long round	不见 Not appearance	180-220	近 1/2 Near 1/2
熟果阶段 Mature fruit phase						
熟果期 I Mature fruit stage I	0.1	$W_s < W_f$	肾状长圆形 Kidney-shape long round	不见 Not appearance	220-240	大于 1/2 Larger than 1/2
熟果期 II Mature fruit stage II	<0.1	$W_s < W_f$	肾状长圆形 Kidney-shape long round	不见 Not appearance	≥ 240	分离 Separated
熟果期 III Mature fruit stage III	<0.1	$W_s < W_f$	肾状长圆形 Kidney-shape long round	不明显 Not obvious	≥ 240	完全分离 Completely separated

¹⁾ Rs: 花柱基高度与果体长度的比值 Ratio of stylopodium height to fruit body length; Cs: 花柱基宽度(W_s)与果体宽度(W_f)的比较 Comparison of stylopodium width (W_s) with fruit body width (W_f).

3 分析和讨论

在花瓣和雄蕊完全脱落之后,明党参果实的发育进入到成果阶段。从幼果和中果发育阶段到分生果完全形成和成熟,在整个发育过程中,明党参果实及分生果的果体以及附属物(花柱、花柱基和萼齿)的外部形态发生了连续变化。它们既是分期的依据,又形成了阶段性的特征。

3.1 明党参双悬果分裂类型

明党参的果实为双悬果,是由 2 个合生心皮的下位子房在果实发育过程中分别以心皮为单位形成的 2 个分离的闭果^[21](即分生果),每一个分生果成熟时会与另一个分生果和心皮柄分离,但多与心皮柄上部或顶端相连,有时会因心皮柄分裂而悬垂。由于心皮柄的粗细及分裂程度不同,使得分生果的分开或悬垂的程度也不同。当心皮柄不裂或仅顶部微裂时,2 个分生果果体仍彼此不分或几乎不分开[如刺芹属(*Eryngium* L.)、芫荽属(*Coriandrum* L.) 种类等]^[1];当心皮柄比较粗或分裂到中部时,2 个分生果虽然分开但常靠在一起[如柴胡属(*Bupleurum* L.)、茴香属(*Foeniculum* Mill.) 种类等]^[1,22];当心皮柄较细而且分裂到底时,2 个分生果出现悬垂[如当归属(*Angelica* L.)、独活属(*Heracleum* L.) 种类等]^[23-24]。明党参属于后一种情形,心皮柄细弱而且分裂到底(图版 I-16,17),所以,它的果实属于分生果完全悬垂的典型双悬果类型。

3.2 明党参分生果的形成过程

从外部形态上看,明党参分生果的幼果发育早在子房期就已经开始(另文发表),在子房发育的后期及幼果和中果发育阶段的早期,果体中部的表面逐渐形成不同程度的纵向浅沟槽,表明分生果的发育在继续;到中果期的中、后期,随着果体的快速增长发育,中部的纵沟槽越来越深,分生果逐渐成形,但 2 个分生果至此仍通过合生面连在一起。也许,在整个中果阶段,分生果相连部位的合生面长度其实在子房后期和幼果期已经确定,而且并没有随果体的增大而增长。至果实成熟阶段合生面开始一分为二,2 个连体的分生果开始分离,成为真正的分生果。每个分生果呈微弯的长圆形或长椭圆形,合生面在成熟后期继续收缩且腹部微凹。这一分离过程实际上是 2 个心皮相接处的合生面组织在后期由于果壁收缩和合生面

内陷共同作用的结果。由此可见,明党参的分生果在幼果期已经可以看到雏形,到中果期已基本形成,但尚未分离,真正的分生果是在熟果期形成的。

3.3 不同发育阶段明党参的果形变化及增大方向

在明党参果实的整个发育过程中,最主要的变化之一是果实体积的不断增大。

从外形上看,从幼果阶段到成熟阶段不仅在果实大小上增大 6~8 倍,而且形状也发生了 3 种变化。幼果期时整个果体很小,由于尚未形成分生果,基本上呈微扁的倒陀螺形,果体最宽处位于上部;中果阶段时果体开始膨大,但分生果仍未分开,果体呈连体的双扁长圆形或双扁卵圆形,果体最宽处移至下部;到熟果阶段后期,就单个分生果而言,果体形状呈肾状长(椭)圆形,果体最宽处在中部,并且合生面一侧变平或微凹,形成腹部,果体轻度背腹压扁。

在果体增大方向上,单个分生果先后经历了 4 个变化过程。从幼果期(分生果发育起始阶段)开始,首先进行上下方向的纵向增长(中果期 I);随后果体中部进行垂直于合生面的横向增长,果体形成较平的侧面和圆形的背面;继而果体中部进行平行于合生面的横向增长,侧面变圆,与背面之间呈圆弧形过渡;最后果体的合生面向内收缩凹陷,形成了明显的腹部。

3.4 不同发育阶段果棱的变化

明党参的果实在幼果期时有角状隆起(即果棱);在中果前期果棱清晰可见,在中果后期果棱隐约可见;但在熟果期,由于果体的膨胀增长,果棱逐渐消失,至果实完全成熟时仍不见果棱。由此可见,随果体的增大,明党参果实的果棱呈现出由明显到不明显,直到消失的变化。值得注意的是,完全成熟的果实其果体及果壁失水收缩,油管之间的果壁下陷,棱槽油管隆起且皱缩,形成类似果棱的多条皱缩不等的突起(图版 I-14,15),但真正的果棱并不突起,只是在果体表面可观察到其颜色与周围组织略有不同。

伞形科的果实(指分生果)类型丰富多样,其中果棱是划分分生果类型的重要性状依据之一。就果棱而言,有的类群果棱发达,有的类群果棱不发达,有的类群无果棱^[1,25]。从观察结果看,明党参的成熟果实属于无果棱类型。但是,从果实发育过程看,在其幼果期和中果发育阶段的早中期时可以看到明显隆起的果棱(雏形),只是到成熟期时,果棱才不可见。所以,明党参果实无棱的性状特点是后期形成的,这种幼时有棱、成熟时消失的现象在明党参的相关研究中

尚未见报道。

伞形科中有许多属、种的果实具有这种成熟果实无棱的现象。明党参果实发育过程中某一阶段出现棱的这种现象在这类果实类型中是否有一定代表性或普遍性,尚不清楚。根据明党参果实幼时出现棱态、后期变为无棱态,作者推测:根据成熟果实形态特征划分的无棱、有微棱和发达棱的果实类型,有可能都是经过某一个有棱的阶段发育而成的。因为果棱的发育与维管束有关,维管束及其周围组织的向外发育往往会突起现棱^[24-29]。上述不同果棱类型也许是从这个发育阶段开始,由于维管束出现不同程度的分化和发育,如停止发育、或与果壁同等程度发育、或超过果壁过度发育,从而最终形成不同类型的果棱类型,其成因有待进一步深入研究。

3.5 果实不同发育阶段花柱的变化过程

明党参的花柱与果实同时发育并宿存,直至果实完全成熟。

在明党参果实发育过程中,花柱的变化很大,主要表现在花柱向外分叉的角度大小和弯曲程度的不同。随着果实的发育进程,一方面花柱由向上的直立状态不断地发生向外方和下方的运动性变化,柱头的运动轨迹近半圆形,直至反向贴向果体;另一方面沿花柱体由上向下在不同部位发生弯曲变化,即由上半部的微弯(有时近直)到中部的弧弯、弯曲再到基部的折弯。由于上述两方面的原因,使2个花柱在果实的不同发育期形成不同的式样,即:幼果期和中果阶段早期2个花柱微向外斜展,夹角为锐角,外形呈近“V”形或羊角状;中果的中后期2个花柱明显向外斜展,夹角为钝角或近180°,外形呈广“V”形、“~”形或近“一”形;果实成熟阶段2个花柱从基部向外反折和弯曲,呈不同程度的“∩”形。由此可见,花柱的变化在一定程度上能反映明党参果实发育进程和阶段,与果实发育具有同步性。因而,花柱的变化过程和程度可作为明党参果实不同发育阶段的重要标志之一。

3.6 花柱基与果实发育阶段的同步性变化

明党参的花柱基是花柱基部膨大部分与花盘(生于果体顶部)的复合体,并且宿存于果实上,所以花柱基与果体形成复合体,而且它的变化与果实发育阶段有一定的同步性。

在明党参果实的发育过程中,从幼果期到成熟期,伴随着果体的增大,花柱基呈现出如下3个变化趋势:一是其形状由幼果期的圆锥形变为熟果期的扁

平状或圆台形;二是其宽度没有明显增长,与果体的增长形成极大的反差,开始时宽于果体,但随果体的增大远小于果体;三是高度没有明显增长,幼果期时与果体长度几乎近等,至成熟期时其高度不足果体长度的10%。其中第3个变化特点可以作为判断明党参果实发育程度和阶段的指标之一,也即采用花柱基高度与果体长度的比值说明果实发育的不同阶段:幼果期基本为1.0~0.8,中果后期一般约为0.2,成熟阶段约为0.1,完全成熟时小于0.1。

花柱基是伞形科果实的共同特征,不仅终身宿存,而且形态多样,但是有关花柱基的详细研究却较少^[30]。伞形科果实上的花柱基(侧面观)形状从宝塔形、圆锥形到平台形、盘形、花冠形等,式样丰富,而明党参的花柱基属于最常见的圆锥形^[1,24,28]。花柱基表面有平滑的、瘤状的、具沟的、具毛的等多种形态^[30],而明党参的花柱基表面属于其中最多见的平滑型。所以,明党参的花柱基形态特征在伞形科中具有一定的普遍性和代表性。

3.7 明党参双悬果中2个分生果有不均等发育现象

在明党参果实的发育过程中,时常出现双悬果不均等发育的现象(图版I-18~20),即其中1个分生果在某个发育阶段可停止发育,不能正常发育至成熟。在外形上会形成一大一小的现象,往往会导致大果实弯曲,并且2个分生果到成熟阶段不完全分离而是靠合在一起。这种现象在明党参的不同花序、不同植株、不同居群中都会发生,是一个比较普遍的现象,在伞形科其他属、种也常见到,尤其是在花序比较发达的种类中最为常见。

通过剖面观察,在败育的分生果中未发现胚乳。据此推测,这些分生果不能正常发育至成熟与没有形成正常的胚胎有关。但其中存在如下疑问:形成这种现象是原发性的还是继发性的?是由于无胚还是由于胚败育?与营养供应不均等是否有关?是否与外部环境或昆虫刺激的影响有关?是否在子房期室壁形成过程中出现了不均等分隔?等等,因此,其成因有待深入研究。

参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志:第五十五卷第一分册[M]. 北京:科学出版社,1979:122-124.
- [2] 江苏新医学院. 中药大辞典:上册[M]. 上海:上海科学技术出版社,1986:1341-1342.
- [3] 周萍,廖时萱,陈海生,等. 明党参化学成分的研究[J]. 第

- 二军医大学学报, 1993, 14(6): 572.
- [4] 陈建伟, 王亚淑, 许益民, 等. 江苏栽培明党参中微量元素累积规律的研究[J]. 天然产物研究与开发, 1993, 5(4): 37-39.
- [5] 李 祥, 陈建伟, 孙 骏, 等. 明党参中水溶性活性成分的分 离、鉴定及定量分析[J]. 天然产物研究与开发, 1995, 7(2): 1-5.
- [6] 陈建伟, 李 祥, 武露凌, 等. 中国珍稀植物明党参嫩茎叶挥发 油化学成分研究[J]. 天然产物研究与开发, 2000, 12(3): 48- 49.
- [7] 吴志平, 李 祥, 陈建伟. 明党参果实脂肪油成分 GC/MSD 分 析[J]. 南京中医药大学学报: 自然科学版, 2002, 18(5): 293- 294.
- [8] 张 萍, 陈建伟, 李 祥. 反相高效液相色谱法测定明党参果 实中呋喃香豆素的含量[J]. 天津中医药大学学报, 2007, 26 (1): 29-30.
- [9] 段志富, 陈建伟, 李 祥, 等. 明党参不同部位珊瑚菜内酯的含 量比较研究[J]. 中成药, 2008, 30(12): 1852-1853.
- [10] 任东春, 钱士辉, 杨念云, 等. 明党参化学成分研究[J]. 中药 材, 2008, 31(1): 47-49.
- [11] 华一利, 陈建伟, 吴慧平, 等. 明党参降血脂作用的实验研究 [J]. 南京中医学院学报, 1994, 10(4): 31-32.
- [12] 李 祥, 陈建伟, 黄玉宇. 明党参炮制品对凝血时间、血小板 聚集的影响[J]. 中成药, 1998, 20(7): 17-19.
- [13] 石荣火, 陈建伟, 李 祥, 等. 明党参晶 XI V 对小鼠耳廓微循 环的影响[J]. 南京中医药大学学报: 自然科学版, 2001, 17 (3): 168-169.
- [14] 邱英雄, 傅承新. 珍稀特有植物明党参的比较解剖学研究 [J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2000, 26(4): 427- 432.
- [15] 舒 璞, 余孟兰. 中国伞形科特有属花粉形态研究[M]//南京 中山植物园研究论文集编辑组. 南京中山植物园研究论文集: 1990. 南京: 江苏科学技术出版社, 1991: 33-35.
- [16] 潘泽慧, 吴竹君, 刘心恬. 明党参的染色体核型分析[M]//南 京中山植物园研究论文集编辑组. 南京中山植物园研究论 文集: 1983. 南京: 江苏科学技术出版社, 1985: 34-35.
- [17] 邱英雄, 黄爱军, 傅承新. 明党参的遗传多样性研究[J]. 植物 分类学报, 2000, 38(2): 111-120.
- [18] 邱英雄, 傅承新, 吴斐捷. 明党参与川明参群体遗传结构及分 子鉴定的 ISSR 分析[J]. 中国中药杂志, 2003, 28(7): 598- 603.
- [19] 陶晓瑜, 桂先群, 傅承新, 等. 明党参和川明参种间遗传分化 和系统关系的分子标记和 ITS 序列分析[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2008, 34(5): 473-481.
- [20] 王长林, 郭巧生, 武玉妹. 明党参遗传多样性的 SRAP 分子标 记[J]. 中国中药杂志, 2009, 34(24): 3180-3183.
- [21] 上海辞书出版社. 辞海: 生物分册[M]. 修订本. 上海: 上海 辞书出版社, 1978: 395.
- [22] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第五十五卷 第二分册[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [23] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第五十五卷 第三分册[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [24] Theobald W L. Comparative anatomical and developmental studies in the Umbelliferae [M] // Heywood V H. The Biology and Chemistry of Umbelliferae. London: Linnenean Society of London Academic Press, 1971: 177-197.
- [25] Liu M. A Taxonomic Evaluation of Fruit Structure in the Family Apiaceae [D]. Johannesburg: Department of Botany, Rand Afrikaans University, 2002.
- [26] 刘 芳, 刘启新. 中国伞形科 5 个引种栽培的模式种果实比较 解剖学研究[J]. 植物资源与环境学报, 2006, 15(4): 9-16.
- [27] 褚晓芳, 刘启新. 伞形科当归的果实形态和解剖结构[J]. 植物资源与环境学报, 2007, 16(4): 53-55.
- [28] Metcalfe C R, Chalk L. Anatomy of the Dicotyledons[M]. Oxford: Clarendon Press, 1983: 721-724.
- [29] 秦慧贞, 李碧媛, 吴竹君, 等. 东亚和北美当归属(广义)的果 实解剖和演化[J]. 西北植物学报, 1995, 15(1): 48-54.
- [30] Bell D R. Breeding systems and floral biology of the Umbelliferae or evidence for specialization on unspecialized flowers in the Umbelliferae [M]// Heywood V H. The Biology and Chemistry of Umbelliferae. London: Linnenean Society of London Academic Press, 1971: 93-108.

图版说明 Explanation of Plate

图版 I 1: 示明党参果实发育各阶段的果实形态; 2: 示幼果期果实外形; 3-4: 示中果期 I 果实外形; 5-7: 示中果期 II 果实外形; 8-10: 示中果期 III 果实外形; 11: 示熟果期 I 果实外形; 12: 示熟果期 I 果实的棱槽油管, 箭头所示为油管内的横隔壁结构; 13: 示熟果期 II 果实外形; 14: 示熟果期 III 果实背面形态; 15: 示熟果期 III 果实合生面形态, 箭头所示为心皮柄; 16-17: 示分裂心皮柄及悬挂双悬果的背面和腹面; 18-20: 示不均等发育的双悬果外形。

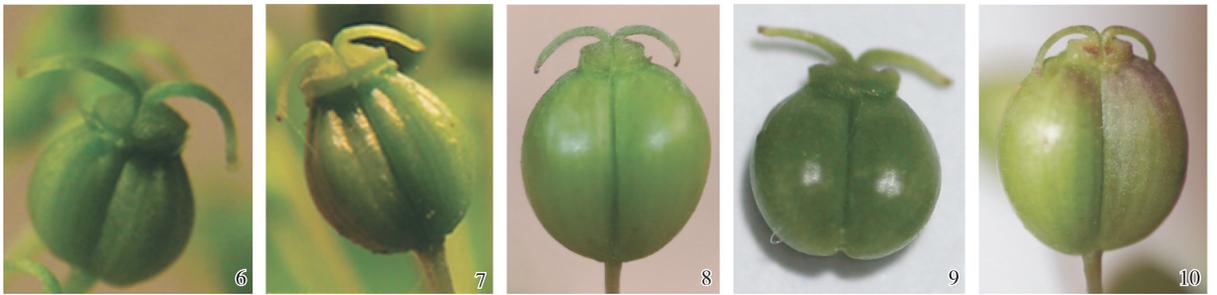
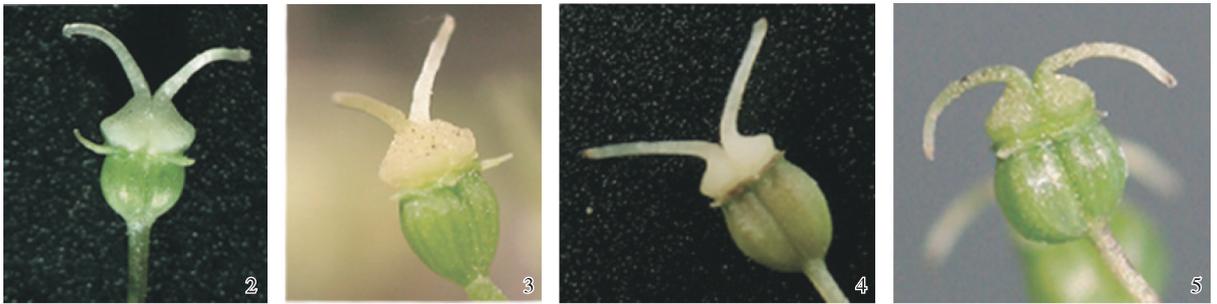
Plate I 1: Showing the fruit morphology of *Changium smyrnioides* Wolff in different development phases; 2: Showing the fruit external morphology in young fruit stage; 3-4: Showing the fruit external morphology in middle fruit stage I; 5-7: Showing the fruit external morphology in middle fruit stage II; 8-10: Showing the fruit external morphology in middle fruit stage III; 11: Showing the fruit external morphology in mature fruit stage I; 12: Showing vittae in vallecular canal of cremocarp in mature fruit stage I, and the arrows indicate the like-trabecula structure in vittae; 13: Showing the fruit external morphology in mature fruit stage II; 14: Showing the dorsal side of mericarp in mature fruit stage III; 15: Showing the commissure of mericarp in mature fruit stage III, and the arrow indicates the carophore lobe; 16-17: Showing schizogenous carophore lobe, dorsal side and commissure of overhung cremocarp, respectively; 18-20: Showing external morphology of unequally developing cremocarp.

刘玉龙, 等：明党参花后果实发育的外部形态特征变化

图版 I

LIU Yu-long, et al: Change of external morphologic features of cremocarp during development after falling of flowers of *Changium smyrnioides* (Apiaceae)

Plate I



See the explanation at the end of the text