

孔雀草花芽分化和花药发育

何燕红¹ 艾叶¹ 吴颖² 郭蕾³ 包满珠¹

1. 华中农业大学园艺林学学院/园艺植物生物学教育部重点实验室, 武汉 430070;

2. 广东省肇庆市高新技术产业开发区市政园林管理局, 肇庆 526238;

3. 北京市花木公司南郊花园, 北京 100160

摘要 采用形态观察、石蜡切片和半薄切片技术, 研究春季和秋季孔雀草花芽分化和花药发育的过程和特点, 为孔雀草高产优质栽培、花期调控及高效育种工作提供理论依据。结果表明: 孔雀草具备菊科植物典型的头状花序, 其头状花序由舌状花和管状花组成; 孔雀草的花芽分化始于第 2 对真叶原基分化以后, 花芽分化的顺序是按花序原基分化期—苞片原基分化期—舌状花原基分化期—管状花原基分化期—舌状花分化期—管状花分化期进行的; 不同品种、不同季节, 孔雀草的花芽分化起始时间和持续时间有所差别, 孔雀草在秋季播种开花更早; 孔雀草的花药发育经历了孢原细胞、造孢细胞、小孢子母细胞、二分体、四分体、小孢子、成熟花粉粒等过程, 其绒毡层为变形绒毡层, 成熟花粉粒为三胞花粉粒。

关键词 孔雀草; 花芽分化; 花药发育; 石蜡切片; 半薄切片

中图分类号 S 682 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2013)02-0018-07

孔雀草(*Tagetes patula* L.) 为菊科万寿菊属植物, 具有很强的观赏性, 且富含生物活性物质, 为重要的经济作物。孔雀草花瓣中的叶黄素具有抗氧化活性^[1], 根提取物中的酚类化合物(类黄酮和酚酸)和噻吩类化合物分别具有杀线虫活性^[2]和抑菌活性^[3], 广泛应用于农业生产。孔雀草的观赏性与产量是决定其生产效益的重要因素, 研究其花器官发生与发育具有重要意义。

前人对孔雀草的研究主要涉及栽培技术、生物活性物质的提取、品种遗传关系分析和新品种培育等^[4-6]。与孔雀草开花相关的研究主要集中在多效唑、矮壮素和摘心处理^[7]、苗期低温处理^[8]以及施肥和弱光处理^[9]对孔雀草生长发育和开花的影响。有关孔雀草花芽分化过程与花器官发育的研究尚未见报道。花芽分化是有花植物发育中最为关键的阶段, 也是一个复杂的形态建成过程。笔者对孔雀草花芽分化的起始时间和分化过程、花器官发育过程等进行了研究, 以期对孔雀草高产优质栽培、花期调控及高效育种工作提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2010 年在华中农业大学进行。供试材料来自美国泛美种子生产的 4 个孔雀草品种 ‘Little hero orange’、‘Jane gold’、‘Bonanza orange’、‘Boy yellow’。

1.2 取样时间

分别于 2010 年 4 月 19 日和 2010 年 9 月 24 日, 采用 72 孔穴盘育苗, 不经过移栽, 基质为泥炭+珍珠岩($V_{\text{泥炭}}:V_{\text{珍珠岩}}=3:1$)。子叶出土后, 取顶芽固定于 FAA($V_{\text{福尔马林}}:V_{\text{冰醋酸}}:V_{70\% \text{乙醇}}=1:1:18$), 之后每隔 2 d 取样, 每次取 5 个样品。待开花后, 观察成熟花的形态特征。

1.3 花芽分化观察

按常规石蜡切片法^[10]制片, 切片机型号为 KD2508 轮转式, 切片厚度为 8 μm , 爱氏苏木精染色, 采用 Nikon TE2000-U 光学显微镜观察并拍照。

收稿日期: 2012-04-22

基金项目: 农业部“948”项目(2003-Z36)和中央高校基本科研业务费专项(2011QC036)

何燕红, 博士, 讲师。研究方向: 园林植物遗传育种与分子技术。E-mail: hyh2010@mail.hzau.edu.cn

通讯作者: 包满珠, 博士, 教授。研究方向: 园林植物遗传育种与生物多样性。E-mail: mzbao@mail.hzau.edu.cn

1.4 雄蕊发育过程观察

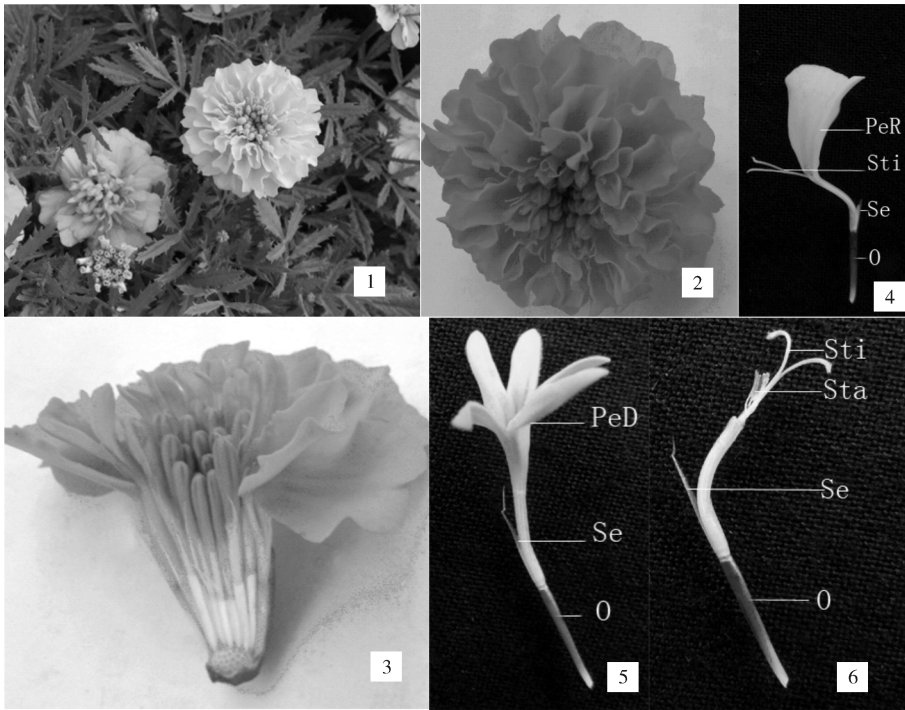
选取长度大约为 0.5、1.0、1.5、2.0、3.0、4.0、5.0、6.0、7.0 mm 的管状花,用 FAA 分别固定保存。材料的固定与脱水同石蜡切片。脱水后的材料处理按塑料包埋剂 Technovit7100 (Heraeus Kulzer, Wehrheim/Ts., Federal Republic of Germany) 说明书进行^[11]。包埋好后,用 Leica Ultracut R 型超薄切片机进行切片,切片厚度为 1.5 μm ;切好的片子用细铜丝烧制的小铜片网捞片,直接转到滴有水的干净载玻片上,电热台上展片、烘干;0.5% 甲苯胺蓝溶液染色 2 min 后,水洗,烘干;加拿大树胶封

片,永久保存;制片后采用 Nikon TE2000-U 光学显微镜观察并拍照。

2 结果与分析

2.1 成熟花的形态特征

孔雀草具有菊科植物典型的头状花序(图 1-1、2),外围舌状花,中间管状花(图 1-3)。舌状花为单性花,子房下位,上部具有透明的膜质萼片,舌状花冠和丫状柱头(图 1-4),管状花为两性花,子房下位,上部具有透明的膜质萼片、顶端五裂的管状花冠、聚药雄蕊和丫状柱头(图 1-5、6)。



1: 植株 Plant; 2: 头状花序 Inflorescence; 3: 头状花序的剖面 Sections of the inflorescence; 4: 舌状花 Ray floret; 5: 管状花 Disk floret; 6: 去除花冠顶部的管状花 The disk floret cutting the top of the petal; Se: 透明的膜质萼片 Transparent membranous sepal; PeR: 舌状花花瓣 Petal of ray floret; PeD: 管状花花瓣 Petal of disk floret; Sta: 雌蕊 Stamen; Sti: 柱头 stigma; O: 子房 Ovary.

图 1 孔雀草 'Boy yellow' 成熟花序和小花的形态特征

Fig. 1 Morphological characters of the inflorescence and florets of *Tagetes patula* 'Boy yellow'

2.2 花序和花芽分化过程

4 个品种的孔雀草花芽分化过程几乎是完全一致的,在第 2 对真叶原基分化以后,就由营养生长进入生殖生长,开始花芽分化。可以将孔雀草花序和花芽分化过程分成 8 个时期:营养生长前期、营养生长后期、花序原基分化期、苞片原基分化期、舌状花原基分化期、管状花原基分化期、舌状花分化期、管状花分化期。

1) 营养生长前期(分化时期 DP-1)。生长锥较窄,微凹或平,周缘有尖锥形的叶原基分化。原套 2~4 层,与原体的界限不太明显(图 2-1、2)。

2) 营养生长后期(分化时期 DP-2)。生长锥表面突起渐变圆并逐渐向上伸长,纵切面表层细胞数量超过 30 个高度和宽度同时增加(图 2-3)。发生在第 2 对真叶原基分化以后,此时植株由营养生长向生殖生长过渡。

3)花序原基分化期(分化时期 DP-3)。生长锥继续膨大伸长,呈半球状;外层细胞层数明显增加,此时叶原基分化停止,这是植株由营养生长转入生殖生长的标志(图 2-4)。

4)苞片原基分化期(分化时期 DP-4)。生长锥继续扩大、伸长,茎端两侧形成半月形突起,即为苞片原基,苞片不断伸长,向中心生长包裹生长锥(图 2-5、图 2-6)。

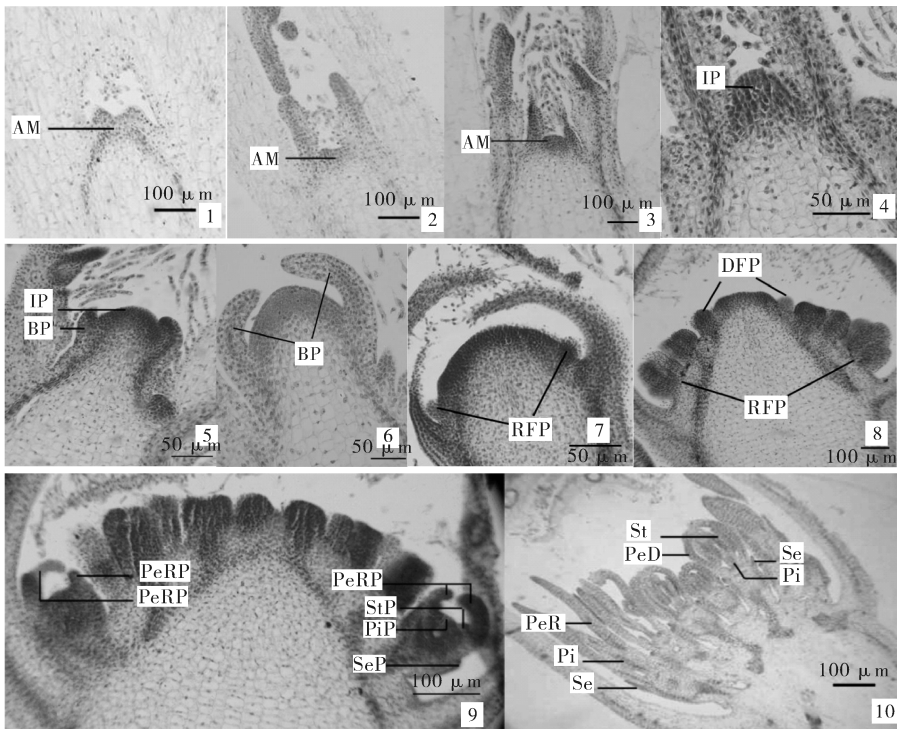
5)舌状花原基分化期(分化时期 DP-5)。随着苞片的伸长,生长锥继续扩大,其两侧继续产生新的突起,并且自花序两侧边缘开始由外向内分化花原基,最外侧的也是最先分化的即为舌状花原基,此时中上部尚未见分化(图 2-7)。

6)管状花原基分化期(分化时期 DP-6)。花序

不断扩大,中上部开始分化花原基,即为管状花原基(图 2-8)。花序顶部花原基的分化仍在继续,花与花间存在空隙。

7)舌状花分化期(分化时期 DP-7)。舌状花原基不断进行分化。花原基顶部增宽,并在其顶端两侧形成两个小突起,即为舌状花萼片原基。随后在萼片原基内侧依次形成三轮新的突起,即为花瓣原基、雄蕊原基和雌蕊原基(图 2-9)。舌状花的雄蕊在发育的过程中逐渐退化,孔雀草的舌状花仅含有透明的膜质萼片、花瓣和雌蕊三轮花器官(图 2-10)。

8)管状花分化期(分化时期 DP-8)。舌状花分化后,管状花原基顶端先后形成四轮新的突起,自外向内依次为透明的膜质萼片、花瓣、雄蕊、雌蕊(图 2-10)。



1~2:营养生长前期 Vegetative growth prophase; 3:营养生长后期 Vegetative growth anaphase; 4:花序原基分化期 Inflorescence primordium differentiation phase; 5~6:苞片原基分化期 Bract differentiation phase; 7:舌状花原基分化期 Ray floret primordium differentiation phase; 8:管状花原基分化期 Disk floret primordium differentiation phase; 9:舌状花分化期 Ray floret differentiation phase; 10:管状花分化期 Disk floret differentiation phase. AM: 茎尖生长点 Apical meristem; IP:花序原基 Inflorescence primordium; BP:苞片原基 Bract primordium; RFP:舌状花原基 Ray floret primordium; DFP:管状花原基 Disk floret primordium; SeP:萼片原基 Sepal primordium; PeRP:舌状花花瓣原基 Petal primordium of ray floret; StP:雄蕊原基 Stamen primordium; PiP:雌蕊原基 Pistil primordium; Se:萼片 Sepal; PeR:舌状花花瓣 Petal of ray floret; PeD:管状花花瓣 Petal of disk floret; St:雄蕊 Stamen; Pi:雌蕊 Pistil.

图 2 孔雀草花序和花芽分化特性

Fig. 2 Differentiation characteristics of the inflorescence and florets of *Tagetes patula*

2.3 4 个品种花芽分化起始时间比较

4 个孔雀草品种花芽分化的过程没有差异,但分化的速度却不同。春季‘Little hero orange’、‘Boy yellow’的子叶出土后第 6 天即进入花芽分化,‘Jane gold’和‘Bonanza orange’在第 9 天开始花芽分化;‘Little hero orange’、‘Jane gold’在子叶

出土 18 d 后现蕾,‘Boy yellow’需要 21 d 现蕾,‘Bonanza orange’为 24 d(表 1)。秋季花芽分化起始时间缩短至子叶出土后 3~6 d,现蕾时间也提前。表明孔雀草是一种花芽分化进程很快的花卉;各个品种在不同季节花芽分化的起始时间不同,但差异不大。

表 1 4 个孔雀草品种花芽分化起始和现蕾时间

Table 1 The time for flower bud differentiation of four French marigold accession

分化过程 Procession of flower bud differentiation	季节 Season	所需时间 Time for flower bud differentiation			
		‘Little hero orange’	‘Jane gold’	‘Bonanza orange’	‘Boy yellow’
花芽分化 Flower bud differentiation	春季 Spring	6	9	9	6
现蕾 Bud existing		18	18	24	21
花芽分化 Flower bud differentiation	秋季 Autumn	3	6	6	6
现蕾 Bud existing		12	15	18	18

2.4 春季和秋季孔雀草花芽分化过程比较

以‘Bonanza orange’为例,观察并比较孔雀草在春季和秋季花芽分化的速度。春季和秋季,均在第 2 对真叶原基分化后,顶端分生组织就由营养生

长转入生殖生长,分化的过程也是一致的。但是秋季孔雀草花芽分化的起始时间较春季早,花芽分化所经历的时间也短(表 2)。

表 2 孔雀草‘Bonanza orange’春秋季花芽分化过程

Table 2 The procession of flower bud differentiation for *Tagetes patula* ‘Bonanza orange’ in spring and autumn

取样时间 Time	第 3 天 The 3rd day	第 6 天 The 6th day	第 9 天 The 9th day	第 12 天 The 12th day	第 15 天 The 15th day	第 18 天 The 18th day	第 21 天 The 21st day	第 24 天 The 24th day
春季 Spring	DP-1	DP-2	DP-3	ED-4	DP-5	DP-6、DP-7	DP-8	现蕾 Bud existing
秋季 Autumn	DP-2	DP-2、DP-3	DP-3、DP-4	DP-5、DP-6	DP-7、DP-8	现蕾 Bud existing	现蕾 Bud existing	有花开放 Flowering

2.5 花药发育过程

孔雀草的聚药雄蕊围绕在花柱和丫状柱头的周围(图 3-1),其花药发育过程具有双子叶植物花药发育的典型特性,共经历了孢原细胞、造孢细胞、小孢子母细胞、二分体、四分体、小孢子、成熟花粉粒等过程,各主要时期的发育情况具体描述如下:

1)造孢细胞时期。管状花蕾的长度 ≤ 2.0 mm。花药分化出 4 个药室,其横切面呈蝴蝶状。花药 4 个角隅的孢原细胞起源于表皮内方,由它进行平周分裂产生初生壁细胞和初生造孢细胞。前者进行平周分裂和垂周分裂产生花粉囊壁的药室内壁(纤维层)、中层和绒毡层,后者分裂形成次生造孢细胞(图 3-2)。

2)小孢子母细胞时期。管状花蕾的长度介于 2.0~2.5 mm。小孢子母细胞位于小孢子囊的中央,细胞体积较大,核大质浓。由外向内可清晰看到

表皮、纤维层、中层和绒毡层。表皮、纤维层细胞体积小、扁平、核小、着色浅。中层细胞已开始发生变化,细胞变为扁平,开始解体。绒毡层细胞较大,呈四边形且狭长,成圈状规则排列,细胞质浓厚,染色较深(图 3-3)。

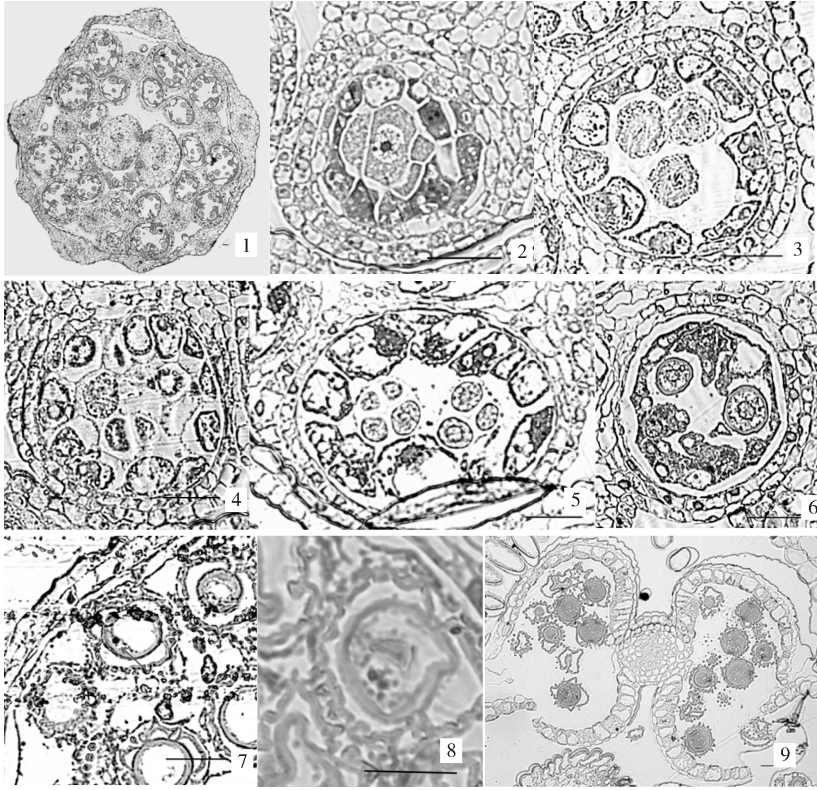
3)二、四分体时期。管状花蕾的长度介于 2.5~3.5 mm。小孢子母细胞减数分裂过程中胞质分裂,形成二分体(图 3-4)和四分体(图 3-5),并产生胼胝质壁,把各个小孢子隔开。同时,中层细胞消失,绒毡层细胞发生内壁和径向壁的破坏。

4)小孢子期。管状花蕾的长度介于 3.5~4.0 mm。四分体解体,小孢子游离出来。其绒毡层属于变形绒毡层(周原质团绒毡层),内壁和径向壁的破坏使细胞原生质体突出并移动到花药腔中(图 3-6)。

5)成熟花粉期。管状花蕾的长度 ≥ 4.0 mm。小孢子的细胞质发生液泡化,逐渐形成中央大液泡,

细胞核从中央移到细胞的一侧(图 3-7)。靠边的细胞核继续进行有丝分裂,形成大小不同的 2 个细胞,大的为营养细胞,小的为生殖细胞,生殖细胞继续进行有丝分裂,形成 2 个精细胞。孔雀草的成熟花粉粒是具有一个营养细胞和 2 个精细胞的三胞花粉粒

(图 3-8)。花粉粒外壁上圆锥状纹饰逐渐清晰,但由于绒毡层细胞原生质体一直充斥在花粉粒周围,造成部分花粉粒受挤压而变形。花粉囊开裂时,原生质体降解,部分花粉外壁逐渐变圆,部分花粉粒形态异常(图 3-9)。



1:聚药雄蕊 Synantherous stamens; 2:次生造孢细胞 Sporogenous cell; 3:小孢子母细胞 Microspore mother cell; 4:二分体 Dyad; 5:四分体 Tetrad; 6:单核花粉粒 Single nuclear pollen; 7:单核靠边期 Single nucleus aside; 8:三胞花粉粒 Tri-cellular pollen; 9:花药开裂,释放花粉粒 The release of pollens after anther dehiscence. 标尺=20 μm Bar=20 μm .

图 3 孔雀草管状花的花药发育过程

Fig. 3 Developmental stages of the anther of disk floret of *Tagetes patula*

3 讨论

3.1 孔雀草花芽分化特点

不同孔雀草品种花发育进程差异极小,花芽分化整齐,均在第 2 对真叶原基形成以后,由营养生长进入生殖生长。孔雀草花序和花芽分化的过程经历了花序原基分化期—苞片原基分化期—舌状花原基分化期—管状花原基分化期—舌状花分化期—管状花分化期。花原基分化顺序是向心的,自外向内分化。孔雀草的花序和花芽分化过程与大丽花^[12]、大花金鸡菊^[13]、菊花^[14]、百日草^[15]、万寿菊等^[16]的分化过程相似。

孔雀草头状花序外轮的花为雌性的舌状花,中央的花为两性的管状花。但舌状花在分化前期均有雄蕊和雌蕊,雄蕊在后期发育过程中逐渐退化,这说明孔雀草的舌状花与管状花的早期发育相似。这一结果与菊花和万寿菊相似^[16]。

植物的花芽分化是一个复杂的形态建成过程,受内外界因子的影响。内因为植物的营养生长状态、养分的积累、遗传性、内源激素条件等,外因为植物所处的生长环境因子,如光照、温度、土壤条件、水分、肥料等^[17]。本研究中发现不同品种的孔雀草花芽分化的起始时间和现蕾时间不同,相同品种的孔雀草在不同季节的花芽分化起始时间和持续时间亦

存在差异,表明孔雀草花芽分化时间与基因型(遗传性)和环境条件相关。

与百日草^[15]、万寿菊^[16]等一年生菊科花卉相比,孔雀草花芽分化的起始时间更早,在子叶出土后3~9 d,即开始花芽分化;由营养生长到生殖生长的转变速度快,花芽分化所需时间短,子叶出土后18~24 d即开始现蕾,表明孔雀草是一种花芽分化进程极快的花卉。基于其花芽分化迅速的特性,孔雀草也是研究菊科植物花器官发育机制的优良材料^[18]。

在孔雀草的生产栽培中发现,若不及时摘除第2对真叶展开后产生的花苞,则极易形成小老苗,植株的观赏性较差,因此在孔雀草栽培管理过程中大多结合激素或摘心处理,培育壮苗、促发新枝^[7]。

3.2 孔雀草花药发育的特点

孔雀草的花药发育过程具有双子叶植物花药发育的典型特性,共经历了孢原细胞、造孢细胞、小孢子母细胞、二分体、四分体、小孢子、成熟花粉粒等过程。花药壁由4层细胞构成,即表皮、药室内壁、中层和绒毡层。中层细胞在小孢子母细胞形成时期即开始降解。绒毡层为变形绒毡层,绒毡层细胞的原生质体突出并移动到花药腔中,围绕在花粉粒周围,导致花粉粒受挤压而变形,当花粉囊开裂时,原生质体才降解,导致部分花粉粒异形。

绒毡层的正常发育与花粉的育性密切相关,有不少学者在此方面做了一些研究^[19],绒毡层可以为花粉正常发育提供营养和调节作用,并在适时降解,以保证花粉发育的需要,如果绒毡层细胞提前或推迟降解,都可能使花粉的育性降低^[20-23]。孔雀草的变形绒毡层可能是导致部分花粉粒形态异常的原因之一,但是孔雀草的花粉活力是否受到变形绒毡层的影响还有待于进一步研究证实。

参 考 文 献

- [1] BHATTACHARYYA S, DATTA S, MALLICK B, et al. Lutein content and *in vitro* antioxidant activity of different cultivars of Indian marigold flower (*Tagetes patula* L.) extracts[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2010, 58: 8259-8264.
- [2] FAIZI S, FAYYAZ S, BANO S, et al. Isolation of nematicidal compounds from *Tagetes patula* L. yellow flowers: structure-activity relationship studies against cyst nematode *Heterodera zaeae* infective stage larvae[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2011, 59: 9080-9093.
- [3] MAROTTI I, MAROTTI M, PICCAGLIA R, et al. Thiophene occurrence in different tagetes species: agricultural biomasses as sources of biocidal substances[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2010, 90: 1210-1217.
- [4] VASUDEVAN P, KASHYAP S, SHARMA S. Tagetes: a multi-purpose plant[J]. Bioresour Technol, 1997, 62: 29-33.
- [5] 张西西, 徐进, 王涛, 等. 万寿菊杂交一代遗传多态性的 SRAP 标记分析[J]. 园艺学报, 2008, 35(8): 1221-1226.
- [6] NAMITA N, SINGH K P, BHARADWAJ C, et al. Gene action and combining ability analysis for flower yield and its component traits in interspecific hybrids of marigold (*Tagetes* spp.). Indian Journal of Agricultural Sciences, 2011, 81: 807-811.
- [7] 任吉君, 王艳, 孙秀华, 等. 多效唑、矮壮素和摘心对孔雀草的矮化效应[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(3): 390-394.
- [8] 阳周华, 蔡华. 苗期低温处理对孔雀草开花的影响[J]. 安徽农学通报, 2008, 14(14): 118-119.
- [9] 任旭琴, 周志凯, 王连臻, 等. 叶面施肥和遮光对孔雀草生长和开花的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2010, 45(5): 96-99.
- [10] 李和平. 植物显微技术[M]. 2版. 北京: 科学出版社, 2009.
- [11] HE Y H, NING G G, SUN Y L, et al. Cytological and mapping analysis of a novel male sterile type resulting from spontaneous floral organ homeotic conversion in marigold (*Tagetes erecta* L.) [J]. Molecular Breeding, 2010, 26: 19-29.
- [12] 韦三立, 陈琰, 韩碧文. 大丽花的花芽分化研究[J]. 园艺学报, 1995, 22(3): 272-276.
- [13] 胡晓龙. 光周期调控‘晨光’大花金鸡菊开花的初步研究[D]. 武汉: 华中农业大学图书馆, 2007.
- [14] 杨娜, 郭维明, 陈发棣, 等. 光周期对秋菊品种‘神马’花芽分化和开花的影响[J]. 园艺学报, 2007, 34(4): 965-972.
- [15] 王琴, 陈旭, 贺亚川, 等. ‘梦境’百日草花芽分化特性研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(34): 16829-16831, 16852.
- [16] 曾丽, 赵梁军, 张华丽, 等. 万寿菊的花器官发生与发育观察[J]. 园艺学报, 2010, 37(5): 1-10.
- [17] 曲波, 张微, 陈旭辉, 等. 植物花芽分化研究进展[J]. 中国农学通报, 2010, 26(24): 109-114.
- [18] TROBNER W, RAMIREZ L, MOTTE P, et al. GLOBOSA: a homeotic gene which interacts with *deficiens* in the control of *Antirrhinum* floral organogenesis [J]. The EMBO Journal, 1992, 11: 4693-4704.
- [19] 张虹, 梁婉琪, 张大兵. 花药绒毡层细胞程序性死亡研究进展[J]. 上海交通大学学报: 农业科学版, 2008, 26(1): 86-90.
- [20] NIZAMPATNAM N R, DOODHI H, NARASIMHAN Y K, et al. Expression of sunflower cytoplasmic male sterility-associated open reading frame, *orf* H522 induces male sterility in transgenic tobacco plants[J]. Planta, 2009, 229: 987-1001.
- [21] 邵明珠, 徐跃进, 万正杰. 新型红菜薹细胞质雄性不育系的花药发育细胞学观察[J]. 华中农业大学学报, 2012, 31(4): 436-439.

- [22] WAN L L, XIA X Y, HONG D F, et al. Abnormal vacuolization of the tapetum during the tetrad stage is associated with male sterility in the recessive genic male sterile *Brassica napus* L. Line 9012A[J]. *Journal of Plant Biology*, 2010, 53: 121-133.
- [23] 李春林, 姚小华, 杨水平, 等. 普通油茶花粉形态及花粉管活体萌发的研究[J]. *中国油料作物学报*, 2011, 33(3): 242-246.

Flower bud differentiation and anther development of *Tagetes patula* L.

HE Yan-hong¹ AI Ye¹ WU Ying² GUO Lei³ BAO Man-zhu¹

1. College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University/Key Laboratory of Horticultural Plant Biology, Ministry of Education, Wuhan 430070, China;

2. Zhaoqing High Technology Industry Development Zone Municipal Engineering and Landscape Bureau, Zhaoqing 526238, China;

3. Southern Suburbs Flowerbed, Beijing Flowers & Trees Corporation, Beijing 100160, China

Abstract To provide theoretical bases for improving yield and quality of cultivation, regulating flower time and breeding efficiently, the morphological observation, paraffin section and semithin section were used to investigate the process and characteristics of the flower bud differentiation and anther development of French marigold (*Tagetes patula* L.) at both spring and autumn. The results showed that French marigold had a typical capitulum consisted of ray florets and disk florets. The differentiation of flower bud was not beginning until the first two pairs of leaf primordium differentiation. The differentiation process of inflorescence was consistent with the sequence as follows: inflorescence primordium differentiation phase, bract primordium differentiation phase, ray floret primordium differentiation phase, disk floret primordium differentiation phase, ray floret differentiation phase and disk floret differentiation phase. There were differences in the initial and duration time of the differentiation of flower bud in different species and at different seasons, showing earlier time at autumn. The process of anther development was as follows: archesporial cell, sporogenous cell, microspore mother cell, dyad, tetrad, microspore, and matured pollen grain. The tapetum is amoeboid tapetum and the matured pollen grain is tricellular pollen.

Key words French marigold (*Tagetes patula* L.); flower bud differentiation; anther development; paraffin section; semithin section

(责任编辑: 张志钰)