

# 青花菜花球花芽分化与发育的解剖研究

梁承愈 关佩聪 吴筱颖

(华南农业大学园艺系)

**摘要** 本文对青花菜(*Brassica oleracea* var. *italica*)的花球花芽分化与发育进行解剖学研究。在解剖显微镜下解剖研究的基础上,应用扫描电子显微镜观察摄影,将青花菜的花序分化发育形成花球的过程分为7期。其分化发育规律是:侧花茎原基的分化级数由外而内地逐渐减少,最外最先分化的侧花茎原基先发育,第2~3级分化后,便分化花原基,分化至第4级的为数不多,个别分化至第5级。往内仅有第2级甚或第1级侧花茎原基的分化,便分化花原基。最后主花茎端直接分化花原基,陆续发育成花蕾体。整列复总状花序最后形成的花球,是由短缩、肉质的主花茎与一定数量的分球组成产品器官。每分球则由短缩、肉质的第1级侧花茎及其上各级侧花茎和花蕾群发育而成。决定花球大小和重量的主要形态解剖指标是——分球数目和分球中侧花茎的分化级数及其上具多级侧花茎的数目及其发育程度。尤其是较大分球的数目,更是指标中的重要标志,只有在这些分球及其侧花茎获得充分发育的基础上,才能发挥其潜在势能的良好效应。为青花菜的高产、优质奠定基础。本研究为青花菜栽培及选育种制定相应的技术措施,提供解剖学的依据。

**关键词** 花芽分化;花球发育;侧花茎;花蕾体;青花菜

**中图分类号** S 634.9

青花菜(*Brassica oleracea* var. *italica*)原产意大利,故有意大利芥蓝之称,在广州常称西兰花。近年来我国不少地方引进栽培,把青花菜作为名贵时菜来发展。不同种类的蔬菜,其个体发育过程,均经一系列复杂的生理生化变化,从营养生长转向生殖生长,而花芽分化是这一转向的主要标志。十字花科蔬菜是在茎端生长锥分化花序和花原基的,其花芽分化的时机与分化发育的质量,对产品器官或种子形成都有密切的关系。本文通过对青花菜的花芽分化与花球发育进行实验解剖研究,以期了解青花菜花芽分化与花球形态建成特点,找到提高花球质量的形态解剖指标和分化发育规律,为制定相应的栽培技术措施,促进产品器官形成提供基础依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

本实验以青花菜的“东京绿”品种为材料,9月中下旬播种。

### 1.2 方法

1.2.1 从播种后子叶出土直到最先分化的花原基发育成完整花蕾体,这段时间,前期每隔3~5天取样1次。从花序原基将分化期起,则隔天取样,每次取10株,先在双目解剖显微镜下解剖观察。以60%左右植株开始分化侧花茎原基为标准,定为该播期的花序原基开始分化期,自后继续定期解剖观察,描绘记录。

1993-05-10 收稿

1.2.2 选取典型材料,采用扫描电子显微镜制样观察,摄影记录。

1.2.3 进入花球形成发育期后,每隔5~7天,陆续取代表性花球,每次3~5个,进行解剖观察,详细记录,直到花球采收期止。

1.2.4 从整个期间所解剖的多数花球中,选取6个代表性花球,列表剖析,至选定其中两个典型样号摄影数据,供制图版以便阐述。

## 2 结果与分析

### 2.1 青花菜花芽分化形态建成过程

青花菜以花球为食用器官,其花球是由许多短缩、肉质的各级侧花茎和花蕾群组成的复总状花序列。故了解青花菜的花序分化发育过程及特点,是阐明花球形态建成的基础。经实验解剖及应用扫描电子显微镜观察研究,可把青花菜花序分化发育形成花球的过程,分为以下7期:

2.1.1 花序原基未分化期 主花茎茎端生长锥平缓,周缘不断分化近三角形的叶原基,除展出叶外,陆续分化的叶原基及渐发育成的幼叶共达10余枚之多。本实验品种“东京绿”此时期是在幼苗第8~9片真叶展出之前。

2.1.2 花序原基将分化期 主花茎茎端周缘仍不断分化叶原基,生长锥开始出现突起痕迹,在叶原基内侧即将有花序原基分化。(图版I 1)。此期幼苗第9~10片真叶展出。

2.1.3 花序原基开始分化期 主花茎茎端生长锥周缘仍陆续分化叶原基,在向心最内叶原基的内侧开始分化第1个第1级侧花茎原基,(图版I 2),表示花球分化开始,以此期定为开始花芽分化的指标。此期幼苗第10~11片真叶展出,开始花序分化。

2.1.4 侧花茎原基分化期 主花茎生长锥周缘叶原基继续分化,在其内侧第1个第1级侧花茎原基分化后一星期左右,陆续分化各级侧花茎原基。此期幼苗第11~16片真叶展出。具体分化次序为:(1)第1级侧花茎原基的分化:自第1个第1级侧花茎原基分化后,继续沿周缘由外至内不断分化第1级侧花茎原基(图版I 3)。(2)第2级侧花茎原基的分化:在陆续分化第1级侧花茎原基的同时,最先分化的第1级侧花茎原基的周缘开始分化第2级侧花茎原基。(图版I 4)。(3)第3级侧花茎原基的分化:在不断分化第1、第2级侧花茎原基的同时,最先分化的第1级侧花茎生长锥上的第2级侧花茎生长锥的周缘开始分化第3级侧花茎原基(图版I 5,6)。(4)第4、第5级侧花茎原基的分化:在不断分化第1、第2和第3级侧花茎原基的同时,少数先分化的第3级侧花茎原基周缘可分化第4级侧花茎原基。有时个别还出现第5级侧花茎原基的分化。(解剖花球时可见)。

2.1.5 花原基分化期 在侧花茎原基的分化发育过程中,最先分化的第1级侧花茎的生长锥周缘开始分化花原基,然后相继第2、第3级往内侧花茎陆续分化花原基。最后主花茎生长锥周缘不断分化花原基(图版I 7)。此期在植株第16片真叶展出之后。

2.1.6 花蕾体形成期 自第1级侧花茎生长锥分化花原基,随后各级侧花茎和主花茎的花原基先后分化,逐渐增大、伸长,进而分化萼片、雄、雌蕊及最后分化花瓣,直至发育形成花蕾体(图版I 8)。其单花器官的分化顺序也和菜心、芥蓝菜等芸苔属蔬菜相类同。

2.1.7 花球形成发育期 主花茎和各级侧花茎原基不断发育成短缩、肉质的花茎和其上的花原基,不断发育成花蕾群,即花球形成。

整列复总状花序的分化规律是:侧花茎原基的分化级数与数目,由外而内,自下而上地逐渐减少,最外最先分化的侧花茎原基先发育,一般第3级分化后,便分化花原基,分化至第

4级的为数不多,个别有分化至第5级。往内仅有第2级甚或第1级侧花茎原基的分化,便分化花原基。最后,最内、最顶端的主花茎分化最迟,且往往没有侧花茎的分化,而直接分化花原基,并陆续发育成花蕾体。整列复总状花序最后发育成花球。

## 2.2 青花菜的花球发育解剖

随着花序分化发育形成的花球,通过解剖既可验证花序分化发育的规律,又可了解花球潜能原基分化后的发育程度,为进一步获得提高花球大小和重量的指标提供依据。

实验解剖表明,青花菜的花球是由短缩、肉质的主花茎与一定数量的分球组成。实验品种“东京绿”的分球数在40~60之间。每分球则由短缩、肉质的第1级侧花茎及其上各级侧花茎(多数1~3级,少数4级,个别5级)和花蕾群发育而成。

2.1.1 花球大小和重量与分球数目及其上侧花茎分化级数与数目的关系 花球发育剖析表中的1号、2号和3号花球,均是9月中下旬播后91天,于采收期间同批选择较典型的大、中、小花球。解剖1号大花球(图版Ⅰ1),结果是具1级以上侧花茎的分球共59个(图版Ⅰ2),其中划分大一级的分球15个、中一级的分球9个、小一级的分球35个。分别解剖大一级分球15个中最大的1个,结果是具2级以上侧花茎的26个(图版Ⅰ3),解剖26个中最大的1个,结果是具3级以上侧花茎的10个(图版Ⅰ4),解剖10个中最大的1个,结果是具4级以上侧花茎的3个(图版Ⅰ5);解剖中一级分球9个中最大的1个,结果是具2级以上侧花茎的13个(图版Ⅰ6),解剖13个中最大的1个,结果是具3级以上侧花茎的7个(图版Ⅰ7),解剖7个中最大的1个,结果是具4级侧花茎的1个(图版Ⅰ8);解剖小一级分球35个中最大的1个,结果是具2级以上侧花茎的7个(图版Ⅰ9),解剖7个中最大的1个,结果是具3级侧花茎的3个(图版Ⅰ10)。

依此方法由外而内逐级解剖中花球(图版Ⅱ2)结果见剖析表中2号花球:分球总数52个(图版Ⅱ3),其中划分大一级的分球12个、中一级的分球9个、小一级的分球31个。从大一级的最大分球中逐级解剖其中最大的1个,其具各级侧花茎数分别为21个(图版Ⅱ4)、7个(图版Ⅱ5)、3个(图版Ⅱ6);同样解剖中一级的最大分球,其分别为10个(图版Ⅱ7)、2个(图版Ⅱ8);而小一级的最大分球,则分别为5个(图版Ⅱ9)、3个(图版Ⅱ10)。

同样方法解剖小花球(图版Ⅲ1),结果见剖析表中3号花球。

根据花球的分化发育规律,能简便地解剖如此密集、侧花茎的级数及数目极其繁多的大、中、小花球,对比看出,花球大小和重量与分球数目及分球上侧花茎的数目密切相关。分球数目多,分球上具多级侧花茎的数目多者,花球大而重,反之小而轻。可见,以分球数目及分球上具多级侧花茎的数目,作为决定花球大小和重量的指标,是具有形态解剖依据的。

2.2.2 花球大小和重量与分球上各级侧花茎发育程度的相关性 从实验解剖中看出,每一分球上各侧花茎的分化数量及其分化迟早,它们的发育快慢和程度与花球的大小和重量也密切相关。从剖析表中4号花球的数据看到,同是播后91天解剖,其分球数虽比2号、3号分球少,仅41个,但其大分球的数目较多,说明其上较多侧花茎级数的分球,分化较早、发育较好,才使较大分球占总分球的比例大,致使其球径和球重均超过3号花球,甚至球重超过2号花球。可见较大分球的数目成为指标中的重要标志。

剖析表中的5号、6号花球,则从另一方面表明,播后天数与花球的发育程度密切相关。5号花球播后80天,6号花球播后71天,到期采收解剖,分球数目分别是58个和59个,两者尤其6号花球的分球具多级侧花茎的数目均比较突出。然而,由于播后天数较短,尤其6号花球仅71天,各级侧花茎虽分化相当的数量,但尚未得到充分发育。5号花球的较大分球

数少仅6个。以上均表明,这些已分化的各级侧花茎,虽在数目上,表现出具有一定的潜能,但由于尚未获得充分的发育,至使花球的球径与球重,均比不上分球数目与之接近或相同的1号花球。可见这方面主要是其分球上各侧花茎的发育程度,影响着花球的大小和重量。

附表 青花菜花球发育剖析表

花球编号	插后天数	花球直径(cm)	花球重量(g)	分球总数(个)	较大分球数(个)	大分球中最大的一个				中等分球数(个)	中分球中最大的一个				较小分球数(个)	小分球中最大的一个			
						1级	2级	3级	4级		1级	2级	3级	4级		1级	2级	3级	4级
						具2级以上侧花茎的个数	具3级以上侧花茎的个数	具4级以上侧花茎的个数	具5级以上侧花茎的个数		具2级以上侧花茎的个数	具3级以上侧花茎的个数	具4级以上侧花茎的个数	具5级以上侧花茎的个数		具2级以上侧花茎的个数	具3级以上侧花茎的个数	具4级以上侧花茎的个数	具5级以上侧花茎的个数
1	91	16.5	495	59	15	26	10	3	1	9	13	7			35	7	3		
2	91	12.5	257	52	12	21	7			9	10	2			31		3		
3	91	8.5	182	45	9	18		3		6	9	4			30			4	
4	91	10.5	310	41	14	20	6			6	8	3			21		1		
5	80	4.3	132	58	6	23		3		10	11	3			42				
6	71	7.0	301	59	12	33				8	17				9				
							15					7			39		4		
								6	2				3					1	

\* 对大、中、小分球均是逐级解剖其中最大的一个。

以上对不同代表性的花球剖析表明,青花菜花序分化发育形成花球的过程中,其分化发育规律是:无论花球大或小,轻或重,其侧花茎的分化发育级数与数目,均由外而内、自下而上地逐渐减少。较大一级即靠外的分球,其具侧花茎级数多,达4级,个别达5级。其每级的数目也是愈靠外的愈多;往内中一级的分球,其具侧花茎的级数已减少,多数3级,少数达4级,无5级,其数目也渐少;再往内至小一级的分球,其侧花茎达3级的已不多,其数目更少。再往内靠主花茎的小分球,往往只有2级甚至1级的侧花茎,最后主花茎端上仅是花蕾体。

从剖析表中还看出,每个花球均是较小的分球占分球总数的比例大,多达半数以上,而这些小分球上多半是侧花茎分化发育级数少,这表明分球分化数目的潜能是大的,但并没有获得进一步分化多级侧花茎。

通过综合剖析花球,从数据表明:分球数目和分球中侧花茎的分化级数是花球大小和重量的主要形态解剖指标,而较大分球的数目及分球上具多级侧花茎的数目与及其发育程度,更是指标中的重要标志。

因为分球数目以及分球中侧花茎的分化级数,只表示花球发育潜能的基础指标。而花球的大小及重量还有赖于这些指标的发育程度。还应看到形态解剖指标的出现及其生长发育与植株的生理生化等状况紧密相连,互为表里而统一,只有获得充分的发育,才能发挥其潜在势能的良好效应。

这些指标将为制定青花菜高产、优质栽培技术措施提供形态解剖学上的依据。

致谢 有关电镜照片由我校电镜室协助观察摄影,特此致谢。

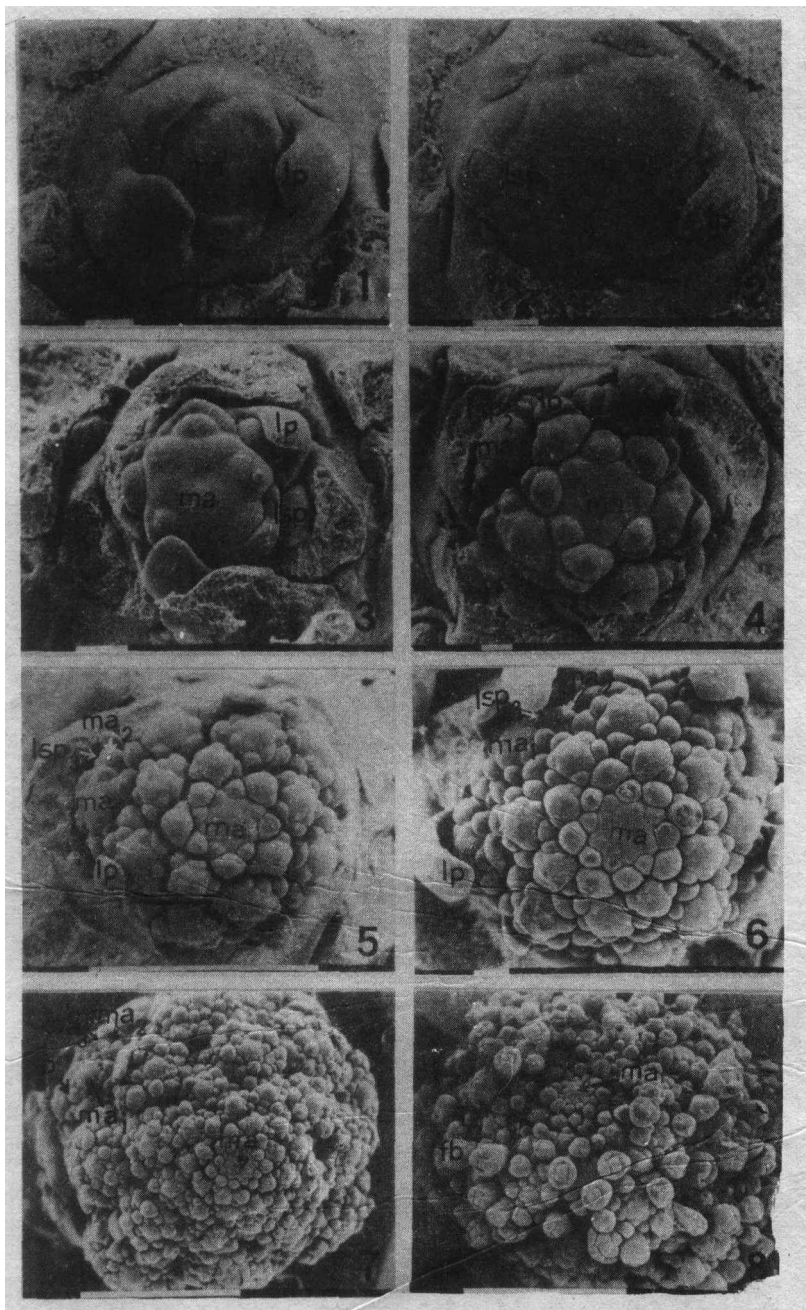
STUDIES ON ANATOMY OF THE FLOWER BUD DIFFERENTIATION  
AND DEVELOPMENT OF THE CURD OF BROCCOLI

Liang Chenyu   Guan Peichong   Wu Xiaoying

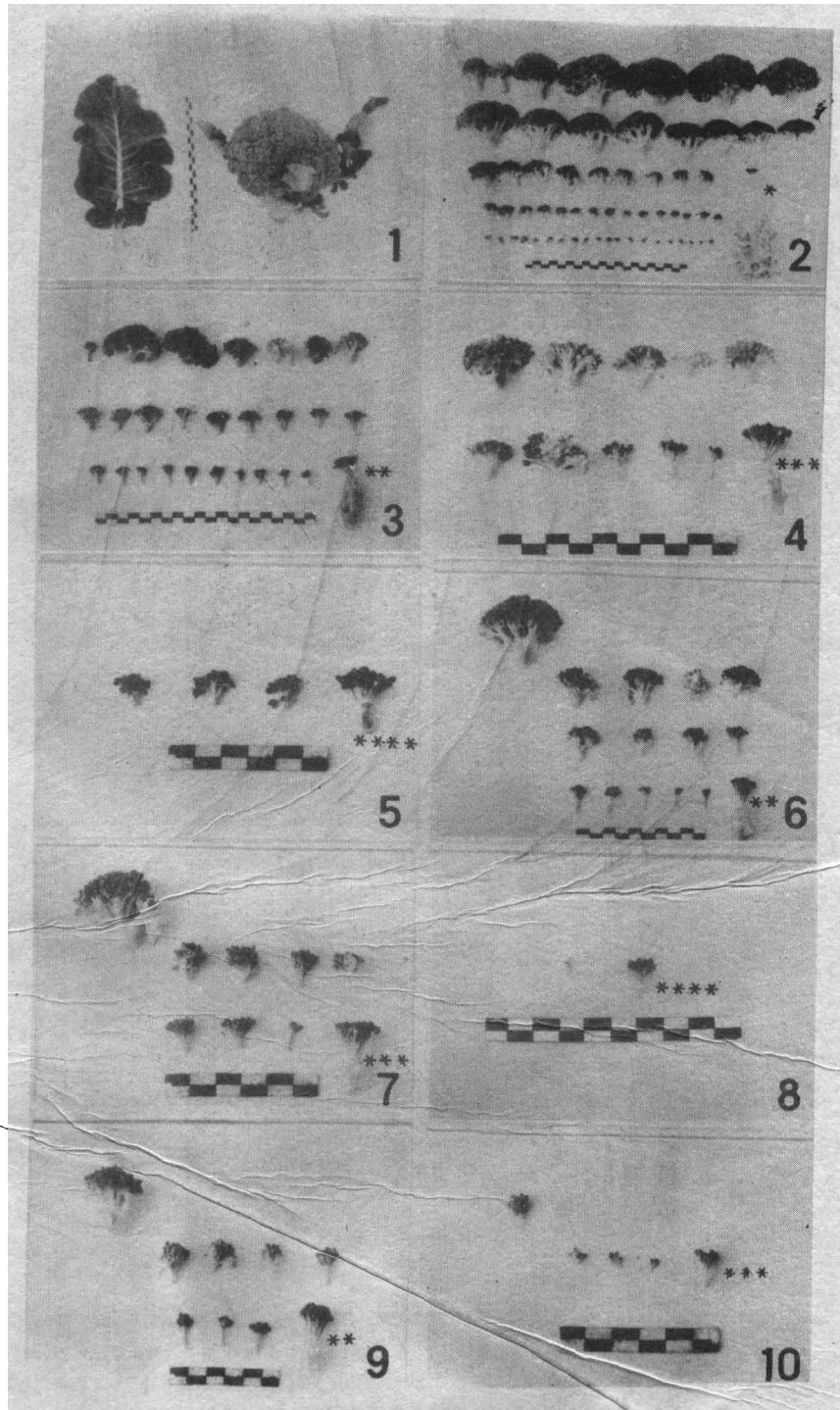
(Dept. of Horticulture, South China Agr. Univ. )

**Abstract** The anatomy of the floral bud differentiation and the curd development of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) was studied with dissected microscope and scanning electric microscope. The outermost lateral scape primordia developed first and then the inner primordia. Following the development of the first order lateral scape primordia, the second and third order lateral scape primordia differentiated. Then, the floral primordia initiated. Though the development of the fourth order lateral scape primordia was very few, the fifth order lateral scape primordia would still differentiate in a few cases. As to the inner part, the lateral scape primordia could only differentiate the first or the second order. Later on, the apex of main scape differentiated into flower primordia and developed into floral bud. The curd of broccoli was an organ product that was consisted of a complex racemose inflorescence with shortened and fleshy main scape and many branch curds. Every branch curd was developed from shortened and fleshy lateral scape of first order or/and other order lateral scapes with the floral buds located on them. The size and weight of the broccoli curd was determined by the number of branch curd and the differentiated orders of lateral scape. The larger number of the branch curds and the lateral scapes was the important morphological index. As the branch curds and their lateral scapes were well developed, the potential production will be obtained. The aim of this paper is to show with the anatomical point of view that the development of broccoli curd and the differentiation of the lateral scape of branch curds can be regulated in order to get the high quality and quantity of broccoli curd.

**Key words** Flower bud differentiation; Curd development; Lateral scape; Floral bud;  
Broccoli

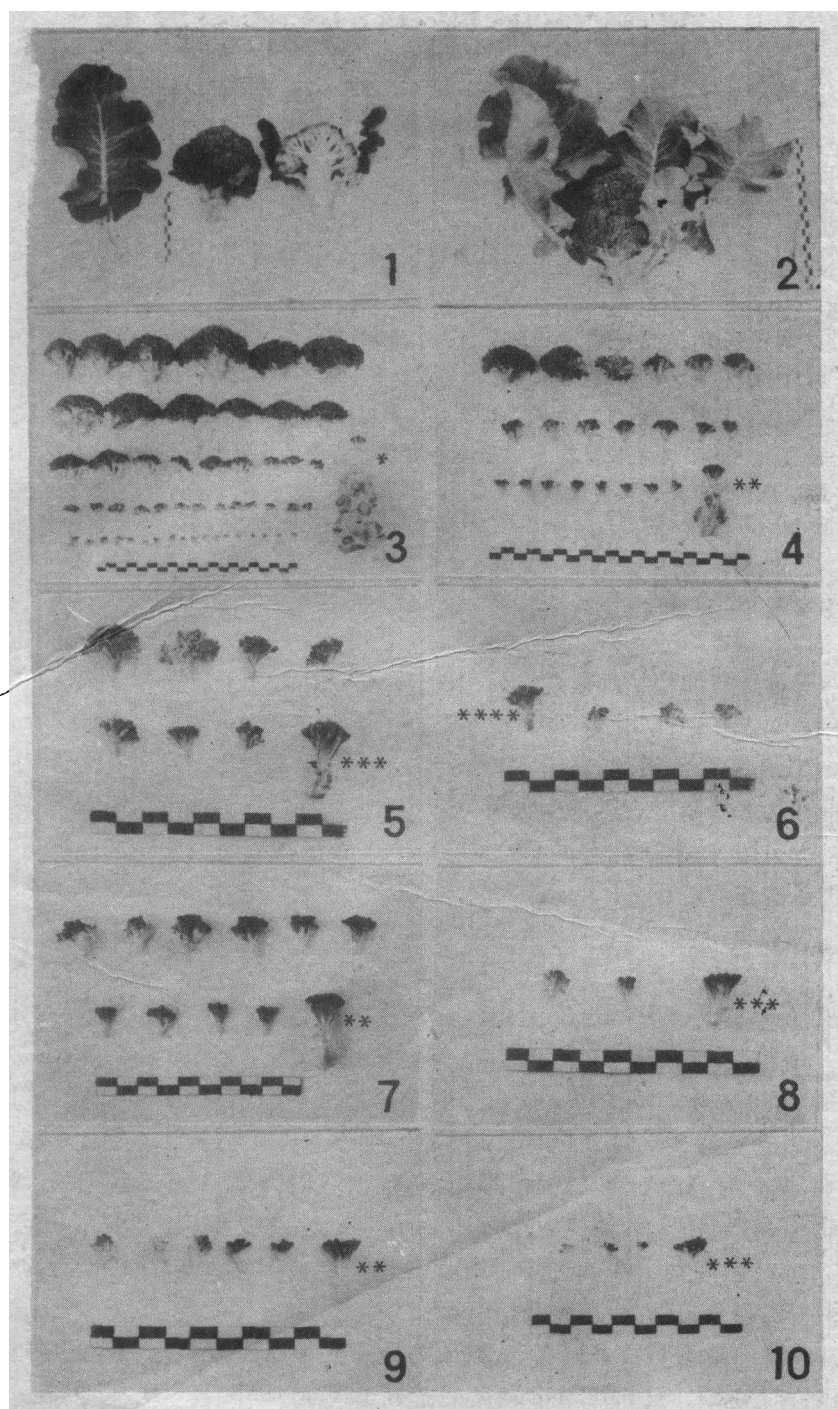


图版1 青花菜花芽分化解剖(扫描电子显微镜摄影)。图内显微标尺1,2,3,4,6为100  $\mu\text{m}$ ;5,7,8为1000  $\mu\text{m}$ 。ma. 主花茎生长锥;lp. 叶原基;lsp1 第1级侧花茎原基;mal 第1级侧花茎生长锥;lsp2 第2级侧花茎原基;ma2 第2级侧花茎生长锥;lsp3 第3级侧花茎原基;fp 花原基;fb 花蕾体;1. 花序原基将分化期;2. 花序原基开始分化期;3. 第1级侧花茎原基的分化;4. 第2级侧花茎原基的分化;5. 第3级侧花茎原基的分化(数目较少);6. 第3级侧花茎原基的分化(数目较多);7. 花原基分化期;8. 花蕾体形成期。



图版 I 青花菜大花球发育解剖(图内标尺分格为 1cm)1. 1 号大花球; 2. 具 1 级以上侧花茎的分球数; 3. 具 2 级以上侧花茎数; 4. 具 3 级以上侧花茎数; 5. 具 4 级以上侧花茎数(3, 4, 5 为解剖大一级分球记录); 6. 具 2 级侧花茎以上侧花茎数; 7. 具 3 级以上侧花茎数; 8. 具 4 级侧花茎数(6, 7, 8 为解剖中一级的分球记录); 9. 具 2 级以上侧花茎数; 10. 具 3 级侧花茎数(9, 10 为解剖小一级的分球记录)。





图版Ⅰ 青花菜中、小花球发育解剖(图内标尺分格为1cm);1.3号小花球纵剖面;2.带外叶的2号中花球;3.具1级以上侧花茎的分球数;4.具2级以上侧花茎数;5.具3级以上侧花茎数;6.具4级侧花茎数(4,5,6为解剖大一级分球记录);7.具2级以上侧花茎数;8.具3级侧花茎数(7,8为解剖中一级的分球记录);9.具2级以上侧花茎数;10.具3级侧花茎数(9,10为解剖小一级的分球记录)。

图版Ⅰ、Ⅱ中 \* 示主花茎轴及茎端花蕾群; \*\* 示1级侧花茎轴及茎端花蕾群; \*\*\* 示2级侧花茎轴及茎端花蕾群; \*\*\*\* 示3级侧花茎轴及茎端花蕾群。