

## 唐菖蒲籽球发育特点及其碳水化合物代谢变化

钱树林 何秀丽 义鸣放

(中国农业大学 农学与生物技术学院,北京 100094)

**摘要** 为探讨唐菖蒲籽球发育特点及其碳水化合物代谢与籽球生长发育的关系,以品种 Rose Supreme 和 Advanced Red 为试材,研究了籽球生长发育进程和蔗糖、淀粉、可溶性糖、还原糖质量比及淀粉酶活性变化规律。结果表明,唐菖蒲籽球生长发育可分为籽球形态建成和籽球快速膨大期 2 个阶段。籽球形态建成初期,碳水化合物代谢水平较低,15 周时,籽球内可溶性糖和蔗糖质量比分别达 50 和 30 mg/g 左右,还原糖质量比仅为 16 mg/g,淀粉酶活性为 3 mg/(g·min)左右。籽球快速膨大期,碳水化合物代谢水平较高,籽球内可溶性糖、蔗糖、还原糖含量快速上升,在种植后第 22~23 周达到峰值,分别为 90、46 和 30 mg/g 左右,淀粉酶活性下降到 0.7 mg/(g·min)左右,淀粉积累速度加快;而接近半枯期时碳水化合物代谢速度减慢。碳水化合物代谢 2 品种相近,但籽球发育进程不同。因此,唐菖蒲碳水化合物代谢水平的高低与籽球生长发育进程密切相关。

**关键词** 唐菖蒲;籽球;还原糖;可溶性糖;蔗糖;淀粉;淀粉酶

中图分类号 S 682.24

文章编号 1007-4333(2007)02-0034-06

文献标识码 A

## Characteristics of growth and development of gladiolus cormels and its changes of carbohydrate metabolism

Qian Shulin<sup>1</sup>, He Xiuli<sup>1</sup>, Yi Mingfang<sup>1</sup>

(College of Agronomy and Biotechnology, China Agriculture University, Beijing 100094, China)

**Abstract** In order to understand the relation of carbohydrate metabolism with the growth and development of gladiolus cormels, we monitored the changes of soluble sugar, sucrose, reduced sugar and amylase during cormel development of both Rose Supreme and Advanced Red. The results indicated that there were two stages of morphologization and expansion during cormel development. The contents of soluble sugar, sucrose, reduced sugar and amylase were about 50, 30, 16 mg/g, 3 mg/(g·min), and 90, 46, 30 mg/g, 0.7 mg/(g·min) at the two stages respectively. Carbohydrate metabolism slowed down with withering. Both varieties of gladiolus had a similar pattern of carbohydrate metabolism although their courses of growth and development were different. It is therefore suggested that the level of carbohydrate metabolism is closely related with the growth and development of gladiolus cormels.

**Key words** Gladiolus hybridus; cormels; reduced sugar; soluble sugar; sucrose; starch; amylase

唐菖蒲 (*Gladiolus hybridus*) 为鸢尾科唐菖蒲属植物,是世界著名四大切花之一,在我国栽培面积广泛,但生产中种性退化问题突出,严重制约了切花品质。

唐菖蒲球茎的发育包括形态建成和干物质积累。淀粉和蔗糖是变态器官主要的积累形式,也是协调植物源库关系的信号,许多基因和酶的表达受它们变化的响应,其代谢成为人们研究器官发生的

突破口。蔗糖是离体培养条件下最常用的碳源,唐菖蒲新球和籽球的诱导率及长势显著受蔗糖浓度的影响<sup>[1-3]</sup>。唐菖蒲新球、匍匐茎和籽球之间源库关系的不断重新建立,伴随淀粉的大量积累<sup>[4]</sup>。唐菖蒲种球形成过程中,母球中的可溶性糖含量呈下降—上升—下降的趋势,而新球中的可溶性糖含量呈上升趋势<sup>[5]</sup>。在马铃薯块茎发生和膨大的早期阶

收稿日期: 2006-07-17

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30471221)

作者简介: 钱树林,硕士研究生;义鸣放,教授,博士生导师,通讯作者,主要从事球根花卉栽培生理研究, E-mail: ymfang@cau.edu.cn

段,发育中的匍匐茎需要大量的蔗糖作为块茎诱导的最佳条件,淀粉的形成对块茎发生和膨大亦十分重要<sup>[6]</sup>。蔗糖浓度是百合试管鳞茎形成和发育的决定性因素,还原糖含量明显低于蔗糖,但其变化体现了碳水化合物的供应及转化<sup>[7]</sup>。淀粉酶对调节和平衡碳水化合物的形态起重要作用<sup>[8]</sup>。

目前,对多子芋<sup>[9]</sup>、莲藕<sup>[10]</sup>、百合<sup>[8]</sup>、马铃薯<sup>[6]</sup>和郁金香<sup>[11]</sup>等变态器官中碳水化合物代谢都有一定的研究,但对其在唐菖蒲籽球生长发育过程中的作用尚缺乏全面系统的研究,鉴于此,本研究在田间栽培条件下籽球形成期间,观测唐菖蒲籽球生长发育进程与碳水化合物代谢变化,旨在探明唐菖蒲籽球生长发育特点与碳水化合物代谢之间的关系,揭示唐菖蒲籽球生长发育生理机制,以期为唐菖蒲种球繁育提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

以唐菖蒲中花品种 Rose Supreme (RS) 和晚花品种 Advanced Red (AR) 为试材,种球周径 10 ~ 12 cm,购自辽宁省金城园艺试验场。

试验在中国农业大学科学园进行,2005 年 4 月

14 日定植种球。期间常规水肥管理,开花后保留 2 枚叶片,去除花序和其他叶片。

### 1.2 方法

**1.2.1 物候期观测** 从匍匐茎开始形成(6 月 15 日)至植株进入半枯期(10 月 19 日),每周观测 10 次,统计叶龄、孕蕾期、现蕾期和开花期。叶龄统计参照王玉国方法<sup>[12]</sup>,地上部形态变化时期的划分参照门福义方法<sup>[13]</sup>。

**1.2.2 性状指标的测定** 物候期观测的同时,每次随机取样 10 株,重复 3 次。分开新球及带有匍匐茎的籽球,分别称量鲜、干重,统计籽球数量。

**1.2.3 生理指标的测定** 性状指标测定的同时,自籽球开始形成,进行碳水化合物含量及淀粉酶活性测定,重复 3 次。可溶性糖、蔗糖、还原糖和淀粉含量分别采用蒽酮比色法<sup>[14]</sup>、磷钼蓝分光光度法<sup>[15]</sup>、DNS 法<sup>[14]</sup>和碘比色法<sup>[13]</sup>测定。淀粉酶活性采用常规分光光度计法<sup>[14]</sup>测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 唐菖蒲籽球生长发育特性观测

**2.1.1 唐菖蒲生长发育进程的观测** 从表 1 可知,种植后第 9 周,RS 和 AR 地上部叶龄分别为 4.1 和

表 1 唐菖蒲 2 品种物候期观测结果及籽球数量变化(2005 年)

Table 1 Phenophase observation of gladiolus and the numbers of cormels(in 2005)

日期	种植后 时间/周	Rose Supreme			Advanced Red				
		叶龄/片	现蕾率/ %	开花率/ %	籽球 数/个	叶龄/片	现蕾率/ %	开花率/ %	籽球 数/个
06-15	9	4.1				3.6			
06-22	10	5.0				4.3			
06-29	11	6.1				5.3			
07-06	12	6.9			2.3	6.2			
07-13	13	7.6	13		3.6	7.1	10		0.2
07-20	14	8.5	30	17	3.9	8.4	40	13	0.2
07-27	15	8.9		80	6.4	8.9		93	0.7
08-03	16	9.0		100	17.5	9.0		100	2.6
09-07	21	9.0			42.7	9.0			18.9
09-14	22	9.0			53.8	9.0			20.2
09-21	23	9.0			55.8	9.0			21.7
10-19	27	9.0			67.0	9.0			27.6

3.6,此时地下部进入匍匐茎形成期,RS 地上部生长发育进程快于 AR;13 周 2 品种基生叶发育完全,均达到 7 枚,植株现蕾率超过 10%,进入现蕾始期;14 周进入开花始期;15 周进入盛花期,RS 80%植株开

花,AR 93%植株开花;16 周 2 品种开花率均达到 100%,同时花萼上的 2 枚茎生叶亦发育完全,均达到 9 叶龄;至 27 周 2 品种 50%以上地上部植株枯黄,进入了半枯期。

种植后第12周RS开始出现籽球,AR籽球形成时期比RS晚1周。之后2品种籽球数量随生长发育不断增加,并且在籽球增长速度和数量上具有明显的阶段性。盛花期前2品种籽球数量的增长都较缓慢,此后至半枯期籽球增长速度急增。各生长发育期RS籽球数量都明显多于AR,至半枯期RS平均每株形成67个籽球,而AR平均每株仅形成27.6个。

2.1.2 唐菖蒲新球和籽球质量的变化 由图1可

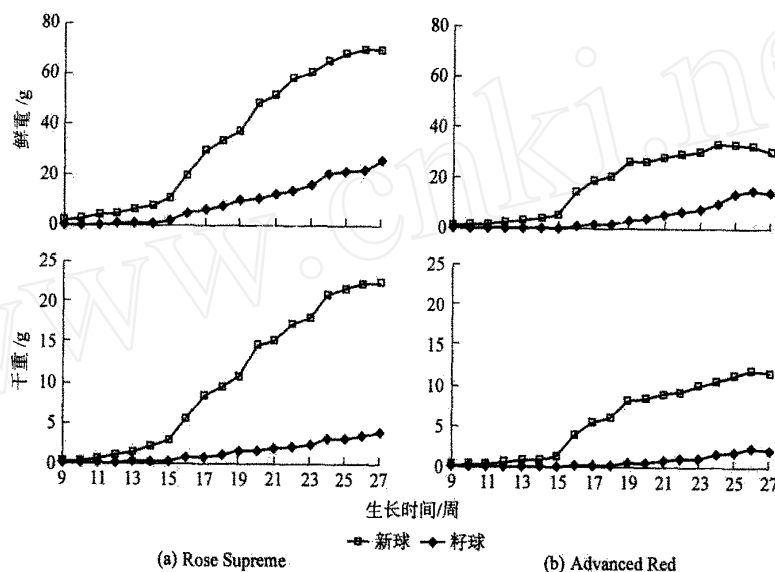


图1 唐菖蒲2品种新球和籽球增重情况

Fig. 1 Mass changes of new corms and cormels

2.1.3 唐菖蒲籽球生长发育期的划分 根据2品种籽球生长发育特点,将籽球生长发育进程划分为2个阶段。第1阶段为籽球形态建成初期,对应于地上部4叶龄期至盛花期(种植后第9—15周),该阶段以匍匐茎生长发育为主,籽球形成数量少,重量增长缓慢;第2阶段为籽球快速膨大期,对应地上部盛花期至半枯期(15—27周),籽球大量形成,且重量迅速增加,该阶段末期伴随籽球逐渐成熟,生长发育进程减缓。

2.2 唐菖蒲籽球生长发育期间碳水化合物含量的变化

2.2.1 可溶性糖、蔗糖和还原糖质量比的变化 由图2可见,籽球形态建成初期,2品种新球中可溶性糖质量比有明显的起伏变化,第13周为45.95 mg/g,之后2周因地上部花序的发育对养分的竞争,使得新球中可溶性糖质量比明显下降,至盛花期降到最低36.69 mg/g。此后随着花序的摘除,新球中可

见,2品种新球鲜重和干重在盛花期(15周)前增长缓慢,此后增长迅速。RS新球鲜、干重的快速增长持续到半枯期(27周);而AR持续增长至半枯期前1周,后因地下虫害导致略有下降。籽球(含匍匐茎)重变化2品种有差异。RS籽球鲜、干重在盛花期前缓慢增长,之后快速增加;而AR籽球鲜、干重缓慢增长期分别持续至第18和20周,此后才较快速增长。籽球重及增幅较新球小,相同生育期RS新球和籽球鲜、干重明显大于AR。

溶性糖质量比上升,20周开始,RS稳定在57 mg/g左右,而AR在20—24周稳定在55 mg/g,然后再次缓慢上升,26周达63 mg/g左右。籽球中可溶性糖质量比快速上升至22—23周,达85 mg/g左右,之后2品种不同程度下降。13周前新球内可溶性糖质量比略高于籽球,此后随着籽球的生长发育,籽球内可溶性糖质量比超过新球。2品种对比发现,籽球形态建成初期RS新球和籽球内可溶性糖质量比均高于AR,应是其生育进程早于AR所致;进入籽球快速膨大期,2品种新球和籽球内可溶性糖质量比基本持平。

2品种新球和籽球内可溶性糖中蔗糖质量比超过50%。新球和籽球中蔗糖质量比变化均表现为前期增长,后期降低。籽球形态建成初期,新球中蔗糖质量比升高了38.1%,进入籽球快速膨大期,迅速升高,RS新球22周达到峰值52 mg/g,AR 23周达到峰值51 mg/g,之后2品种不同程度下降。籽

球形态建成初期,籽球中蔗糖质量比即开始迅速上升,2 品种均在 22 周达到峰值(RS 和 AR 分别为 46

和 50 mg/g),然后下降。16 周之前籽球内蔗糖质量比整体高于新球,此后新球超过籽球。

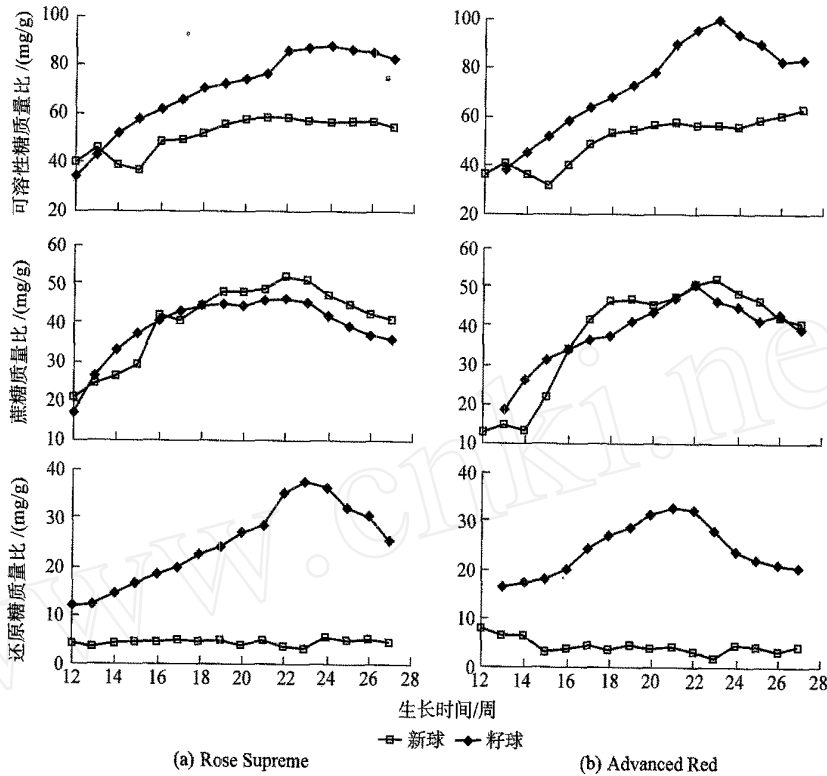


图 2 唐菖蒲 2 品种新球和籽球内可溶性糖、蔗糖及还原糖质量比的变化

Fig. 2 Changes of soluble sugar, sucrose and reduced sugar in new corms and cormels

2 品种新球和籽球内还原糖质量比差异很大。新球内还原糖质量比稳定在 4 mg/g 左右。盛花期前籽球中还原糖质量比即开始上升,RS 在 23 周达到峰值 37 mg/g,AR 在 21 周达到峰值 32 mg/g,之

后均下降。品种间新球和籽球还原糖质量比差异不明显。

2.2.2 淀粉质量比和淀粉酶活性的变化 从图 3 可见,淀粉是新球和籽球中主要的碳水化合物形态。

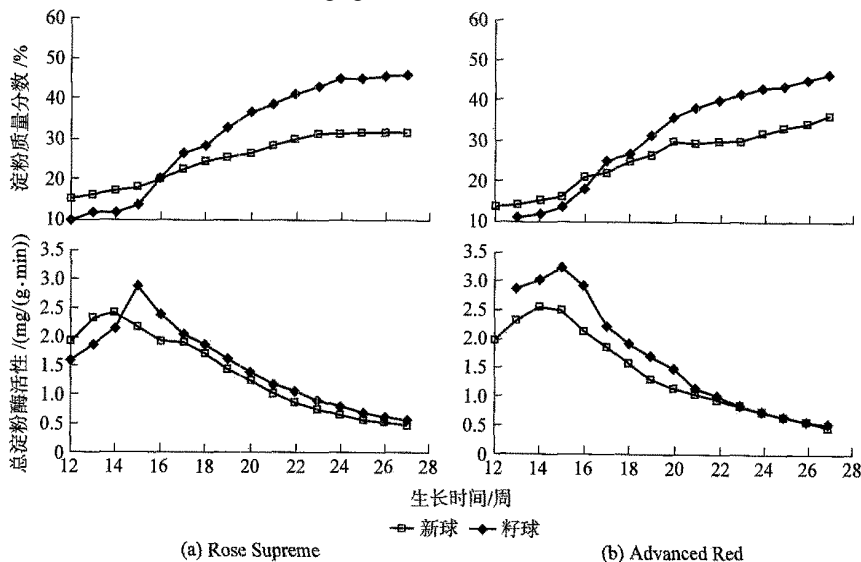


图 3 唐菖蒲籽球新球和籽球内淀粉质量分数和淀粉酶活性的变化

Fig. 3 Changes of starch content and amylase activity in new corms and cormels

2 品种新球和籽球内淀粉质量分数变化趋势一致,即籽球形态建成初期淀粉质量分数缓慢上升,然后持续增加。新球生长发育进程早于籽球,因此新球内淀粉质量分数在 16 周之前高于籽球,随着籽球的生长发育,籽球内淀粉质量分数超过新球。

淀粉酶在籽球生长发育过程中对调节和平衡碳水化合物的形态起重要作用。2 品种新球和籽球内淀粉酶活性变化趋势一致。籽球形态建成初期,新球和籽球淀粉酶活性较高,淀粉积累缓慢;进入籽球快速膨大期,淀粉酶活性下降,淀粉积累加快。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 唐菖蒲籽球生长发育特点

唐菖蒲籽球的生长发育以盛花期为转折,4 叶龄期至盛花期为籽球形态建成初期,盛花期至半枯期为籽球快速膨大期。

本试验匍匐茎在种植后第 9 周开始出现,对应于地上部 3.6~4.1 叶龄阶段,与花序分化时期<sup>[12]</sup>相吻合,与前人研究发现的芽分化是新铁炮百合实生植株地上和地下器官生长发育的转折期,花芽分化后侧重地下鳞茎的膨大增重<sup>[16]</sup>相一致。籽球在种植后第 12—13 周开始陆续少量发生,与前人研究得出种植后第 14—17 周形成籽球的日期不太一致<sup>[17]</sup>,可能与品种差异有关。

#### 3.2 唐菖蒲籽球生长发育过程中碳水化合物代谢变化

唐菖蒲籽球形态建成初期,光合产物主要传递给新球,使其成为主要的“库”。新球与籽球关系密切,是籽球生长发育的基础,只有当新球生长发育到一定阶段,才能作为“源”将光合产物通过匍匐茎传递给籽球,使得籽球快速生长发育。

唐菖蒲球茎中可溶性糖主要是还原糖和蔗糖,蔗糖转化成淀粉。整个生长发育期,RS 新球内还原糖质量比维持在 5 mg/g 左右,而籽球内还原糖质量比在 10~40 mg/g 变动。新球中的还原糖形成蔗糖,供应自身和籽球淀粉的合成,以促进球茎生长发育;而籽球中随着淀粉的积累,还原糖形成蔗糖的量减少。籽球形态建成初期,籽球比新球内蔗糖质量比高 21.3% 左右,可能籽球发育初期需要快速调运大量蔗糖,以诱导变态器官形成过程中特异基因的表达<sup>[18~19]</sup>,从而启动籽球的形态发生。此后,籽球将新球输送的营养转化成自己的贮藏物质,蔗糖质量比低于新球。AR 与 RS 变化趋势相似。

#### 3.3 唐菖蒲籽球生长发育过程中碳水化合物代谢与籽球生长发育的关系

籽球形态建成初期,碳水化合物代谢水平较低。由于地上部逐渐进入花期,地上部和地下部的养分竞争,使得 RS 新球中可溶性糖质量比降低 8.3%,蔗糖质量比提高 39.5%,而籽球内可溶性糖和蔗糖质量比分别提高 67.7% 和 141%,从而为后期籽球的快速膨大准备物质基础。

籽球快速膨大期,碳水化合物代谢水平较高。由于花序的及时摘除,光合作用合成的碳水化合物以蔗糖为主要形式向地下部运输,新球内可溶性糖、蔗糖和籽球内还原糖质量比快速上升。该时期 RS 新球和籽球淀粉质量分数分别增加 56.6% 和 126.4%,淀粉酶活性下降 80% 和 77%。随着半枯期的临近,籽球碳水化合物代谢趋于缓慢,淀粉积累速度减慢。因此,唐菖蒲碳水化合物代谢水平的高低与籽球生长发育进程密切相关。AR 与 RS 变化趋势相似。

#### 3.4 不同品种唐菖蒲籽球生长发育进程和碳水化合物代谢比较

本试验发现,RS 和 AR 籽球生长发育过程中碳水化合物代谢模式相似,说明不同品种唐菖蒲球茎碳水化合物代谢可能遵循同样的规律。

不同花期品种籽球生长发育进程存在差异。中花品种 RS 籽球生长发育进程早于晚花品种 AR,产生的籽球重量和数量也比 AR 多。籽球形态建成初期,RS 可溶性糖、蔗糖质量比均高于 AR;籽球快速膨大期,2 品种碳水化合物含量逐渐持平,说明籽球的生长发育存在品种差异。

### 参 考 文 献

- [1] El-Gendy S A, Hashim M E, Hosni A M, et al. *In vitro* cormel formation of gladiolus cvs. 'Jackson Ville' and 'Peter Pears' and their *in vivo* germination[J]. Journal of Agriculture Science, 2001, 9(2): 867-887
- [2] Bruyn M H De, Ferreira DI. *In vitro* corm production of *Gladiolus dalenii* and *G. tristis*[J]. Plant Cell Tissue and Organ Culture, 1992, 31(2): 123-128
- [3] Thakur P S, Ghorade R B, Shilpa Bharsakle, et al. *In vitro* cormlet formation to the culture plants in *Gladiolus* [J]. Annals of Plant Physiology. Forum for Plant Physiologists, Akola, India, 2005, 19: 1, 124
- [4] 陈菊. 不同播种期对唐菖蒲匍匐茎和籽球生长发育的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2003

- [5] 韩卫民,王祯丽.唐菖蒲种球形成过程中的部分生理特性研究[J].石河子大学学报,2005,23(5):606-608
- [6] 王翠松,张红梅,李云峰.马铃薯块茎发育过程中的影响因子[J].中国马铃薯,2003,17(1):29-33
- [7] 王爱勤,周歧伟,何龙飞,等.百合试管结鳞茎的研究[J].广西农业大学学报,1998,17(1):71-75
- [8] 孙红梅,李天来,李云飞.百合鳞茎发育过程中碳水化合物含量及淀粉酶活性变化[J].植物研究,2005,25(1):59-63
- [9] 黄新芳,柯卫东,李双梅,等.3种类型多子芋生长动态的观察与比较[J].园艺学报,2006,33(1):161-163
- [10] 李良俊,许超,陈建林,等.莲藕膨大过程中碳水化合物变化的初步研究[J].扬州大学学报(自然科学版),2003,24(3):72-78
- [11] 夏宜平,杨玉爱,杨肖娥,等.郁金香更新鳞茎发育的碳同化物积累与内源激素变化研究[J].园艺学报,2005,32(2):278-283
- [12] 义鸣放,王玉国,高俊平.唐菖蒲花序发育特性的研究[J].园艺学报,1999,26(5):343-344
- [13] 门福义,刘梦芸.马铃薯栽培生理[M].北京:中国农业出版社,1995:73
- [14] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:169-172
- [15] 李利军,孔红星,何云,等.蔗汁中蔗糖含量的分光光度法测定[J].分析测试学报,2003,22(4):51-54
- [16] 俞红强,郝京辉,义鸣放.新铁炮百合实生植株的生长发育[J].中国农业大学学报,2005,10(1):30-33
- [17] Misra R L. Studies on the development of corms:Shoots and roots with special reference to the contractile in gladiolus[J]. Journal of Ornamental Horticulture, 1997(3):4-13
- [18] Ewing E E. Induction of tuberization in potato[M] Vayda M E. Molecular and Biology of the Potato. Melksham: CAB International, 1990:25-26
- [19] Zrenner R, Salanoubat M, Willmitaer L. Evidence of the role of sucrose synthase for sink strength using transgenic potato plants (*Solanum tuberosum* L.) [J]. The Plant J, 1995, 7: 97-107