

# 不同光周期对德国鸢尾‘Royal touch’的花芽分化和光合作用的影响

裴海霞<sup>1,2</sup>, 石雷<sup>2</sup>, 张金政<sup>2</sup>, 姜闯道<sup>2</sup>, 义鸣放<sup>1\*</sup>

(1. 中国农业大学观赏园艺与园林系, 北京 100094; 2. 中国科学院植物研究所, 北京 100093)

**摘要:**以德国鸢尾‘Royal touch’为试验材料,研究了5种光周期对其花芽分化和光合作用的影响。结果表明:(1)短日照加速了植株花芽分化的进程,而长日照促进了单花序上花芽数目的增加;(2)长日照下植株单位叶面积的光合能力较强;(3)植株的花芽分化与其叶面积、叶干重、地上部分与地下部分的干重比值之间呈显著的正相关关系。这些结果说明了光周期对德国鸢尾‘Royal touch’花芽分化时间和数量的影响与光周期对其植株生物量和光合作用的影响有关。

**关键词:**德国鸢尾;光周期;花芽分化;光合作用;生物量

中图分类号:Q945.3

文献标识码:A

文章编号:1005-3395(2006)06-0477-05

## Effects of Different Photoperiods on Flower Bud Differentiation and Photosynthesis in *Iris germanica* ‘Royal touch’

PEI Hai-xia<sup>1,2</sup>, SHI Lei<sup>2</sup>, ZHANG Jin-zheng<sup>2</sup>, JIANG Chuang-dao<sup>2</sup>, YI Ming-fang<sup>1\*</sup>

(1. Department of Ornamental Horticulture and Landscape Architecture, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2. Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China)

**Abstract:** *Iris germanica* ‘Royal touch’ was used to investigate the effects of 5 different photoperiods on flower bud differentiation and photosynthesis. Short-day treatments accelerated the flower bud differentiation, whereas long-day treatments increased the numbers of the flower buds per inflorescence. The photosynthetic capacity per unit leaf area was higher in long-day treatments. Flower bud differentiation had a significantly positive correlation with leaf area, leaf dry weight, and the ratio of above: below ground biomass, respectively. These results suggested that effects of photoperiods on flower bud differentiation and numbers are related to plant biomass and photosynthesis.

**Key words:** *Iris germanica*; Photoperiod; Flower bud differentiation; Photosynthesis; Biomass

鸢尾类(*Iris*)是鸢尾科鸢尾属多年生草本,其适应性强,包括了从水生、陆生至旱生的各种生态型<sup>[1]</sup>。德国鸢尾(*Iris germanica*)是鸢尾中的佼佼者,姿态优美,花型奇特,花色丰富,花大色艳<sup>[1]</sup>,在外国园林中应用广泛,在我国园林应用却相对较少。因其具肉质根状茎,耐瘠薄、耐干旱,栽培管理方便,

在我国北方地区利用自然降水就可以正常生长,符合北方城市园林绿化发展的需要。国内外在鸢尾的组织培养<sup>[2]</sup>、杂交育种<sup>[3-4]</sup>、分类<sup>[5]</sup>、核型分析<sup>[6-7]</sup>、内源物提取<sup>[5]</sup>以及切花保鲜<sup>[8-10]</sup>等方面已开展了较多的研究,但对于德国鸢尾花芽分化和光合特性的研究至今鲜见报道。中国科学院植物研究所植物园 20 世

收稿日期:2006-04-10 接受日期:2006-07-26

基金项目:中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX2-SW-321),科技部项目(04EFN216600327),中国科学院农办项目资助

\* 通讯作者 Corresponding author

纪 60 年代开始广泛收集鸢尾种质资源, 本研究以德国鸢尾 ‘Royal touch’ 为材料, 通过不同的光周期处理研究其光合和花芽分化等生长特性, 旨在为德国鸢尾在我国的引种、栽培及园林应用提供理论和实践依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

试验于 2004 年春至 2005 年冬在中国科学院植物研究所植物园进行。

试验材料为德国鸢尾 (*Iris germanica*) ‘Royal touch’, 其为长日植物, 是中国科学院植物研究所植物园 1991 年从加拿大蒙特利尔植物园引进的优良品种。

### 1.2 方法

2004 年和 2005 年 5 月将已过渡生根 1 个月的组培苗上盆, 盆的直径和高均为 21 cm, 盆土为园土: 腐叶土 = 1: 1, 施入缓效肥料 (N:P:K=9:14:19), 每个处理为 300 盆。正常水肥管理 3 个月后, 当叶片数达 6 枚时移入除光周期外其他栽培条件均一致的温室进行遮光处理。光周期处理设定为 8 h/16 h (光/暗)、10 h/14 h (光/暗)、13 h/11 h (光/暗) 和 16 h/8 h (光/暗), 以自然光照 9–11 h 为对照。光周期的光阶段主要采用自然光, 13 h 与 16 h 处理的光阶段在自然光后采用 200 w m<sup>-2</sup> 的白炽灯进行补充; 光周期的暗阶段用黑布完全遮光处理。温度由自动控温装置控制在 16–30℃ 之间。处理 10 d 后开始取样, 取样间隔为 10 d, 持续 80 d。

**花芽分化时间和数量的观测** 每个处理每

次取样 10 株, 重复 3 次, 徒手解剖, 用双目解剖镜观察, 记录花芽形成时间, 统计花芽形成数量。

**植株生物量的测定** 每个处理每次取样 9 株, 单株重复, 测量全株叶片数、叶面积和根数、根长; 称量叶片和根茎、根各部分干重。叶面积使用 LI-3000A 便携式叶面积仪 (Licor, USA) 测定。各部分干重测定如下, 将各部分新鲜材料于 105℃ 杀青 20 min, 再于 80℃ 烘至恒重, 用电子天平 (精确度 0.001 g) 称量干重。各比值按以下公式计算, 地上部/地下部 = 叶片干重 / (根状茎干重 + 根系干重)。

**气体交换参数的测定** 用便携式光合作用系统 (LI-6400 USA), 分别于光周期处理 1 个月和 2 个月, 在晴朗天气的上午 9:00–12:00 的时段测定净光合速率 (Pn)、气孔导度 (Gs) 等参数。每个处理选取生长健壮的植株各 9 株, 单株重复, 每株选取中间叶旁的 2 枚成熟功能叶。按从高到低的光强顺序分别测定 2 000、1 800、1 600、1 400、1 200、1 000、800、600、400、200、100 和 0 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> 光强梯度下的气体交换参数<sup>[11]</sup>。

## 2 结果和分析

### 2.1 不同光周期对花芽分化的时间和数量的影响

从表 1 可以看出, 随着光照时数的减少, ‘Royal touch’ 花芽分化进程提早。处理 30 d 时, 各处理下的花芽分化百分率均为 0, 即还没有看到花芽分化; 处理 40 d, 8 h 和 10 h 光照处理下的花芽分化率分别达到 30% 和 23.3%, 而 13 h 以上的光照处理却没有观察到花芽分化; 处理 50 d, 对照初次观察到 33.3% 的花芽分化; 处理 60 d, 16 h 光照处理才初次

表 1 德国鸢尾 ‘Royal touch’ 在不同光周期下花芽分化率和数量变化动态

Table 1 Percentages of flower bud differentiation and the bud numbers in *Iris germanica* ‘Royal touch’ under different photoperiods

处理时间 Treatment time (d)	花芽分化百分率 Flower bud differentiation (%)					花芽数目 Flower bud number				
	8h	10h	13h	16h	Control	8h	10h	13h	16h	Control
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	30±0a	23.3±5.8b	0	0	0	3.7±0.2A	3.0±0.3B	0	0	0
50	33.3±5.8a	30±0a	30±0a	0	33.3±5.8a	3.3±0.2B	4.0±0.1A	4.0±0.3A	0	0
60	33.3±5.8a	33.3±5.8a	33.3±5.8a	26.7±5.8a	33.3±5.8a	3.7±0.2C	4.0±0B	4.2±0.1AB	4.3±0.1A	3.7±0.1C
70	73.3±5.8a	50.0±0b	46.7±5.8bc	33.3±5.8c	46.7±5.8bc	3.8±0.1D	4.2±0.1C	4.5±0.1B	5.0±0.3A	4.3±0C
80	83.3±5.8a	63.3±5.8b	63.3±5.8b	46.7±5.8c	53.3±5.8bc	3.9±0.1D	5.2±0.3B	5.3±0.2B	6.0±0.2A	4.4±0.1C

n=10。同一行数据后不同字母表示经 Tukey HSD 检验在 0.05 水平上差异显著。The means not followed by the same letter are different at P<0.05 level by Tukey HSD test.

观察到 26.7% 的花芽分化; 处理 80 d, 8 h 光照下的花芽分化百分率最高, 已经达到 83.3%。

‘Royal touch’ 单花序上的花芽数目随着光照时数的延长呈现增加的趋势。处理 30 d 时, 各处理下的单花序上的花芽分化数均为 0; 处理 40 d, 8 h 和 10 h 光照处理下, 初次观察到 3.7 和 3.0 个单花序上的花芽; 到处理 60 d 时, 不同处理的单花序上的花芽数仍在 3–4 个之间, 几乎没有差异; 处理 80 d, 8 h 为 3.9 个, 对照为 4.4 个, 而 16 h 达到 6 个, 其他处理为 5 个以上, 差异达到显著水平。

上述结果表明, 短日照提早了 ‘Royal touch’ 花芽分化的进程, 而长日照促进了其单花序上花芽数目的增加。

### 2.2 不同光周期对植株生物量的影响

从图 1A 可以看出, 处理 40 d 时, ‘Royal touch’ 的叶面积随着光照时间的延长呈减少的趋势。此时, 8 h 光照处理下的叶面积最大, 为 50.13 cm<sup>2</sup>; 对照的叶面积为 33.58 cm<sup>2</sup>, 介于 13 h 和 16 h 光照处理之间; 16 h 光照处理下的叶面积最小, 为 33.07 cm<sup>2</sup>。处理 60 d, 叶面积随着光照时间的增加而呈增加的趋势。此时, 8 h 光照处理下的叶面积为 42.08 cm<sup>2</sup>, 10 h 光照处理下的叶面积为 48.90 cm<sup>2</sup>, 对照的叶面积介于二者之间, 16 h 光照下的叶面积最大, 为 53.03 cm<sup>2</sup>。80 d 的结果与 60 d 的规律相同。经回归分析表明, 40 d、60 d 与 80 d 的叶面积与相同时间单花序上花芽形成的数量 (R=0.882, 0.906, 0.847) 和花芽分化率 (R=0.883, 40 d) 之间呈显著的正相关。

从图 1B 可以看出, 处理 40 d, ‘Royal touch’ 的叶片干重随着光照时间的延长呈减少的趋势。此时, 8 h 光照处理下的叶片干重是 2.58 g, 10 h 与 13 h 依次减少, 16 h 光照处理下为 2.00 g。处理 60 d, 不同处理之间叶片干重差异不明显。处理 80 d, 叶片干重随着光照时间的增加呈增加趋势, 16 h 光照处理下叶片干重最大, 为 4.60 g; 13 h 光照处理下的叶干重比其略小, 为 4.54 g; 对照下的叶干重介于 10 h 与 8 h 之间。经回归分析表明, 40 d 与 80 d 叶片干重与相同时间单花序花上芽的数量 (R=0.895, 0.859) 和花芽分化率 (R=0.893, 40 d) 之间呈显著的正相关。

从图 1C 可以看出, 处理 40 d, ‘Royal touch’ 的地上部叶片与地下部根茎和根的干重比随着光照时间的延长呈现减少的趋势。此时, 8 h 光照处理下的比值最大, 为 1.24; 10 h 与 13 h 依次减小, 16 h

光照处理下的地上部分与地下部分的比值为 0.88。处理 60 d, 比值随着光照时间的增加而呈增加的趋势。此时, 16 h 光照处理下的地上与地下部分的比值是 1.20, 10 h 与 8 h 光照处理下的比值分别为 0.69 和 0.62, 对照下的地上与地下部分比值介于二者之间。80 d 结果亦与 60 d 结果规律相同。经回归分析, 40 d、60 d 与 80 d 的地上地下比与相同时间单花序花芽形成的数量 (R=0.931, 0.807, 0.867) 和

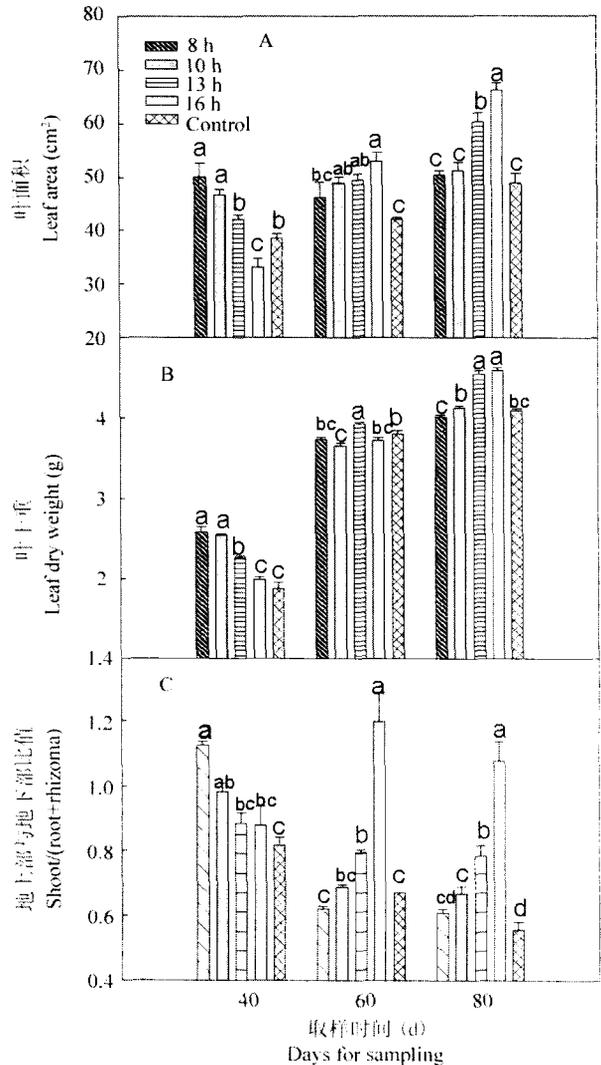


图 1 光周期对德国鸢尾 ‘Royal touch’ 叶面积 (A)、叶片干重 (B) 以及地上部分和地下部分干重的比值 (C) 的影响  
Fig.1 Effects of photoperiods on leaf area (A), leaf dry weight (B), and the ratio of above:below ground biomass (C) in *Iris germanica* ‘Royal touch’

同一取样时间不同字母表示经 Tukey HSD 检验在 0.05 水平上差异显著。The means not followed by the same letter are different at P<0.05 level by Tukey HSD test.

花芽分化率 (R=0.938, 40 d) 之间呈显著的正相关。

### 2.3 不同光周期对光合 - 光响应的影响

图 2A,B 可以看出, ‘Royal touch’ 长光照时数下的净光合速率 (Pn) 和气孔导度 (Gs) 高于短光照时数下的。‘Royal touch’ 在 8 h, 10 h, 13 h, 16 h 光照处理和对照下的光饱和光合速率分别为 9.32  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、14.71  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、14.88  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、17.65  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$

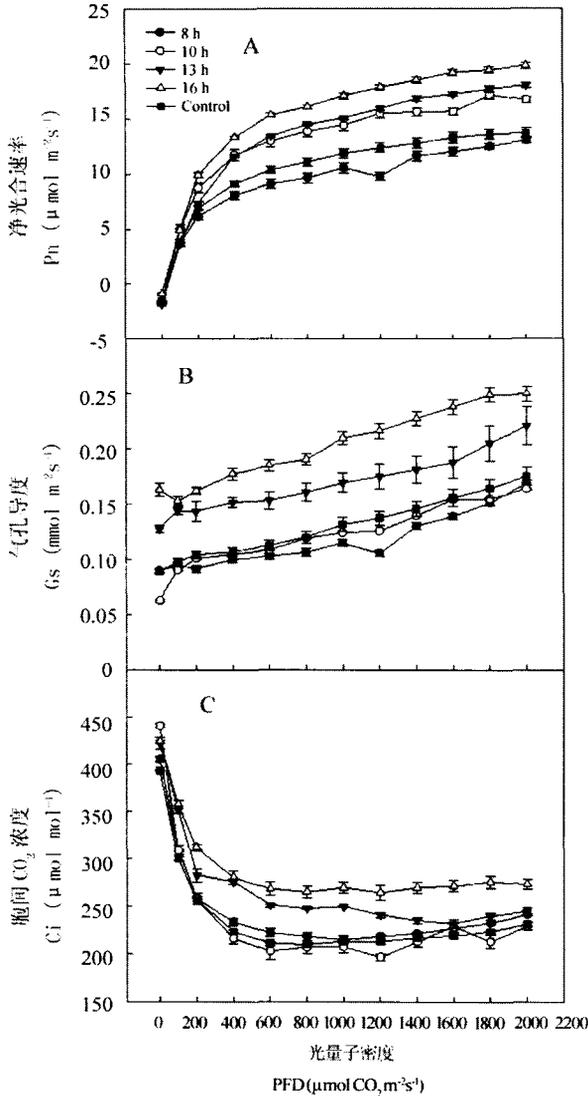


图 2 德国鸢尾 ‘Royal touch’ 不同光周期处理的植株在不同光强下净光合速率(Pn) (A)、气孔导度(Gs) (B) 以及胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(Ci) (C) 的变化动态

Fig. 2 Changes in net photosynthetic rate (Pn), stomatal conductance (Gs), and intercellular CO<sub>2</sub> concentration (Ci) with increasing irradiance in leaves of *Iris germanica* ‘Royal touch’ under different photoperiods

n=9

和 11.21  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , 其饱和光强在 1 200  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  左右。在短时间内于 0–2 000  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  光强下的光合速率未出现光抑制现象 (图 2A)。用 Tukey HSD 法比较处理间差异, 发现低光强 (0–100  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) 下差异不明显<sup>[2]</sup>; 在较高光强 (200–2 000  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) 下, 短光照时数与长光照时数处理间差异显著。气孔导度与光合速率呈正相关, 总体来看, 长光照时数下的气孔导度 (Gs) 大于短光照时数下的, 且随着光强的增加而呈上升趋势。

图 2C 可以看出, 总体上 ‘Royal touch’ 长光照时数下的胞间 CO<sub>2</sub> 浓度 (Ci) 高于短光照处理的。各光周期处理的胞间 CO<sub>2</sub> 浓度在光强达到 600  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  之前急速下降, 之后随着光强的增加变化平稳。

## 3 讨论

### 3.1 生物量与花芽分化之间的关系

光周期是影响德国鸢尾开花的重要因素。本研究表明, 短日照使 ‘Royal touch’ 的花芽分化进程提早; 但是长日照使单花序花芽分化数增加。这与短日照诱导花菖蒲 (*Iris kaempferi*) 花芽分化, 长日照促进花芽进一步分化的结果一致<sup>[13]</sup>。

与观赏植物相比, 果树的花芽分化与开花生理的研究报道相对较多<sup>[4]</sup>。对葡萄 (*Vitis vinifera*) 花芽分化的研究表明, 花芽分化在新梢生长最旺盛时进行, 当新梢达到 30–50 cm 或叶面积达到 500–2 000 cm<sup>2</sup> 或萌芽后 20–40 d, 花芽的生理分化就可发生<sup>[4]</sup>。这样即可根据形态指标直观、准确地确定花芽分化的起始。

开始进行光周期处理时, ‘Royal touch’ 的叶片数为 6–7 枚, 至处理结束时, 各处理的叶片数同样增加至 7–8 枚, 说明光周期处理对叶片数的增加几乎没有影响。在叶片数无差异的前提下, 试验发现不同光周期处理的单叶面积、干重和地上部干重与地下部分干重的比值与花芽分化显著相关。植物体内同化物的分配与运输在植物花芽分化中起着重要作用。对于新生的德国鸢尾组培苗, 在生长发育的初期其代谢源为叶片, 代谢库主要为根、根茎以及茎尖。当叶片的源强度较高或者当作为贮存器官的根茎长到一定大小后也可以做为源, 地上部植株生长较快, 同化物集中供给茎尖组织时, 花芽分化才有可能发生<sup>[5]</sup>。本研究发现不同光周期下叶片面积、叶片干重与单花序上的花芽分化数显著相关, 早

期的叶面积、地上部叶片干重与地上地下部的比值和花芽分化的百分率及花芽分化的早晚密切相关,在一定程度上可根据植株叶面积、干重以及地上与地下部分干重比来确定花芽分化的时间。比如对于德国鸢尾‘Royal touch’,在叶片数达到6~7枚时,平均单叶面积大于42 cm<sup>2</sup>,叶干重大于2.3 g,地上地下部比值大于1.0时,花芽分化可能发生。研究结果还表明供给花芽分化的源主要是叶片,根茎可能作为储备源主要为植株后期成花和根茎分蘖繁殖等做准备。

### 3.2 光合作用和生物量与花芽分化之间的关系

光合作用与成花转变的关系比较复杂,多种长日植物诱导成花依赖于光合作用增强<sup>[6]</sup>。

研究表明,长日照下‘Royal touch’的光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)以及胞间CO<sub>2</sub>浓度(Ci)均高于短日照下的。这与大豆(*Glycine soja*)在长日照下的光合速率大于短日照下的结果是一致的<sup>[6]</sup>。按成花的多因子学说进行解释,可能是因为经过短日照诱导的植株形成了新的体内代谢的平衡,其生长方式由营养生长转向生殖生长后形成了不同于营养生长状态的代谢效率,其中可能包括此营养生长状态下低的光合速率<sup>[7]</sup>。而光合速率的降低又有可能是‘Royal touch’后期短日照条件下叶面积、叶干重等生物量较长日照下生物量下降的原因之一。‘Royal touch’响应光周期的变化并同时产生一系列相关变化,如生长和光合速率的变化,这些变化又反过来影响到花芽分化。前期叶面积、叶干重以及地上部分与地下部分干重比是短日照下大于长日照下的,可能这时地上部叶片的快速生长足以引起花芽分化,后期生物量各指标为长日照大于短日照的趋势,且此时长日照促进花芽数目的增加,也就是说促进花芽的进一步分化,这与长日照下‘Royal touch’具有较高的光合能力也是一致的。

综上所述,花芽分化的基础是物质积累,物质积累的直观表现为生物量的积累,生物量的积累又依赖于光合作用。成花时间和数量以及开花后的发育过程又可能与光合和生长速率等共同决定的有机物向成花部位的分配量有关系<sup>[8]</sup>。在德国鸢尾栽培过程中,可以根据其形态指标来确定花芽分化的时期;在促成栽培中,亦可以考虑延长光照时间来提前花期。

### 参考文献

- [1] Delectis Florae Reipublicae Popularis Sinicae Agendae Academiae Sinicae (中国科学院中国植物志编辑委员). *Flora Reipublicae Popularis Sinicae*, Tomus 16(1) [M]. Beijing: Science Press, 1985. 120, 134, 184.(in Chinese)
- [2] Gozu Y, Yokoyama M, Nakamura M, et al. *In vitro* propagation of *Iris pallida* [J]. *Plant Cell Rep*, 1993, 13 (1):12-16
- [3] Zhou Y H(周永红), Wu B H(伍碧华), Yan J(颜济), et al. Cytogenetic study on the interspecific hybrid between *Iris japonica* and *Iris confuse* (Irisaceae) [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), 2003, 25(4):497-502.(in Chinese)
- [4] Yabuya T, Noda T. The characterization of autoallotetraploid hybrids between *Iris ensata* Thunb. and *I. laevigata* Fisch. [J]. *Euphytica*, 1998, 103(3):325-328.
- [5] Qin M J(秦民坚), Toshihiro T. A preliminary study on the distribution pattern of isoflavones in rhizomes of *Iris* from china and its systematic significance [J]. *Acta Phytotax Sin* (植物分类学报), 2000, 38(4):343-349.(in Chinese)
- [6] Ellis J R. Chromosomes and the genus *Iris* [A]. In: *A Guide to Species Irises* [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 8-10.
- [7] Karihaloo V, Karihaloo J L, Koul A K. Structural heterozygosity in *Iris variegata* L. [J]. *Caryologia*, 1993, 46(1):77-85.
- [8] Sultan S M, Farooq S. Effect of cycloheximide on some physiological changes associated with senescence of detached flowers of *Iris germanica* L. [J]. *Acta Physiol Plant*, 1997, 19(1):41-45.
- [9] Sultan S M, Farooq S. Flower senescence in *Iris kashmiriana* Baker [J]. *Adv Hort Sci*, 1998, 12(4):86-189.
- [10] Sultan S M, Farooq S. The keeping quality of *Iris* L. I. Effect of sucrose, NAA, GA<sub>3</sub> and cobalt chloride on flower bud development and vase life [J]. *Prog Hort*, 1998, 30(1-2):1-7.
- [11] Jiang C D(姜闯道), Gao H Y(高辉远), Zou Q(邹琦). Increase in excitation energy dissipation by iron deficiency in soybean leaves [J]. *J Plant Physiol Mol Biol*(植物生理与分子生物学学报), 2002, 28(2):127-132.(in Chinese)
- [12] Liu F H(刘飞虎), Liang X N(梁雪妮), Liu X L(刘小莉). Comparison of the photosynthetic characteristics in four wild *Primula* species [J]. *Acta Hort Sin*(园艺学报), 2004, 31(4):482-486.(in Chinese)
- [13] Buxton J W, Mohr H C. The effect of vernalization and photoperiod on flowering of tall bearded irises [J]. *Hort Science*, 1969, 4(1):53-55.
- [14] Possingham J V. New concepts in pruning grape vines [J]. *Hort Rev*, 1994, 16:235-254.
- [15] Yi M F(义鸣放), Berghoef J. Relationship between light intensities and growth, development of *Freesia refracta* Klatt [J]. *Acta Hort Sin*(园艺学报), 1994, 21(4):377-380.(in Chinese)
- [16] Zhou S(周三), Zhao K F(赵可夫). Effects of photoperiod on salt-tolerant *Glycine soja* [J]. *J Plant Physiol Mol Biol*(植物生理与分子生物学学报), 2002, 28(2):145-152.(in Chinese)
- [17] Bernier G. The control of floral evacation and morphogenesis [J]. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*, 1988, 39:175-219.
- [18] Bernier G, Havelange A, Houssa C, et al. Physiological signals that induce flowering [J]. *Plant Cell*, 1993, 5:1147-1155.