

## 西双版纳热带植物园引种植物个体适应性研究\*

宋富强<sup>1,2</sup>, 张一平<sup>1\*\*</sup>, 杨清<sup>1</sup>, 许再富<sup>1</sup>, 肖来云<sup>1</sup>, 胡建湘<sup>1</sup>

(1 中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223; 2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 本研究通过比较引种植物和本土植物的生长状况, 主要是果熟现象, 讨论了引种植物对引种目的地的适应性。中国科学院西双版纳热带植物园, 引种和保存了国内外万种以上的热带和亚热带植物, 并对多种引种植物进行了长期连续生长监测。本文统计分析了其中观测 4 年以上的 569 个编号的引种植物生长适应状况。结果表明: 1) 引种植物基本适应植物园的环境, 但是不同气候区来源的植物适应性表现不同, 不同地区来源植物适应性顺序为: 热带亚洲植物 > 亚热带和热带北缘植物/热带非洲植物 > 热带澳洲植物 > 热带美洲植物; 2) 不同科属植物个体适应表现也有差别, 无患子科, 蝶形花科, 楝科和紫葳科等的植物个体适应性和本土植物比较相似, 而大戟科植物个体适应性和本土植物差异最大; 3) 分析表明引种植物对植物园的适应受到来源地气候和区系起源两个因素的影响; 4) 紫葳科, 桃金娘科和含羞草科的一些引种植物个体果熟年比高于本土植物, 其入侵性有待于进一步评估。

**关键词:** 果熟; 生长适应; 西双版纳; 引种植物

中图分类号: Q 948.13

文献标识码: A

文章编号: 0253-2700(2006)06-615-09

## The Adaptability of Introduced Plants in Xishuangbanna Tropical Botanical Garden

SONG Fu-Qiang<sup>1,2</sup>, ZHANG Yi-Ping<sup>1\*\*</sup>, YANG Qing<sup>1</sup>, XU Zai-Fu<sup>1</sup>,  
XIAO Lai-Yun<sup>1</sup>, HU Jian-Xiang<sup>1</sup>

(1 Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China

2 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** This study discusses the adaptability of introduced plant species to their target environment at Xishuangbanna Tropical Botanical Garden (XTBG), Chinese Academy of Sciences (CAS) by comparing the growth situation, especially fruit ripening of introduced plants and indigenous plants. Over 10,000 plant species from tropical and subtropical regions have been planted at XTBG, and many of these plants' growth situations have been continuously observed. In this paper, 569 accessions which have been observed for more than four years are involved. The results show that: 1) the introduced plants primarily adapt to the environment at XTBG. However, the plants from different climate regions show different adaptability. The adaptability order is: tropical Asia > northern edge of tropical Asia and subtropical area, tropical Africa > tropical Australia > tropical America. 2) Different families and genera of introduced plants show different adaptability to the target environment too. Some introduced plants belonging to the families of Sapinaceae, Papilionaceae, Meliaceae and Bignoniaceae etc. adapt well to the target environment at XTBG, while some plants of Euphorbiaceae do not adapt well to the target environment. Some introduced plants of Bignoniaceae, Myrtaceae and Mimosaceae exhibit more frequent fruit ripening than the indigenous plants. Analyses show that the climate and flora of the origins of introduced plants are the major factors influencing the adaptability of the introduced plants to the target environment at XTBG. Further study needs to be done to assess the invasion of these plants.

**Key words:** Adaptation; Fruit ripening; Introduced plants; Xishuangbanna

\* 基金项目: 云南省自然科学基金项目 (2004C0053M) 和国家重点基础研究发展计划 (国家 973 项目) (2003CB415101) 资助

\*\* 通讯作者: Author for correspondence. E-mail: yipingzh@xtbg.ac.cn Tel: 0871-5160904

收稿日期: 2006-02-08, 2006-06-12 接受发表

作者简介: 宋富强 (1978-) 男, 河南人, 在读博士研究生, 研究方向: 生态气候。E-mail: sfq@xtbg.ac.cn Tel: 0871-5179921

中国的植物引种历史可以追溯到 7000 ~ 10000 年前的新石器时代,那时的人类已开始有意或无意的谷作物引种,于是开始产生了农业(谢孝福,1994)。随着社会的发展,引种目的也在不断延伸,从农作物、药物到观赏植物,直到植物保护和生态恢复(盛诚桂,1987;黄仕训等,2002;Li等,2002;Eishamr ul-haq等,2001;Olukoye等,2003)。当植物由原生境迁移到一个新生境后,根据环境的差异程度,都要进行或多或少的驯化适应,而有些植物因为不能很好适应引种目的地环境而死亡导致引种失败。判断一个植物是否适应引种目的地的重要标准就是看其能否实现正常开花、结果(张育英,1982;许再富,1998)。彭友林(2001)在刺梨由高海拔移植到低海拔的研究中观测了其物候表现,刺梨仍能完成开花结果,并从萌芽、开花到果实成熟比原产地提前了 3 ~ 5 d。朱积余等(1997)在南亚热带珍稀濒危植物引种迁地保存研究中通过观测引种植物的萌动期、展叶期、开花期和果熟期情况,简单分析了保护植物的生长状况。由于有部分引种植物,不仅在新环境中适应良好,还侵占本土植物生态位,破坏生态系统多样性,构成严重的生物入侵(范继辉等,2005;Perrings等,2002)。因此,对引种植物的监控也受到了不少国家和地区的重视。对引种植物的生物特性进行观察,也有利于做好生物入侵的防御工作。

中国科学院西双版纳热带植物园作为我国最大的植物园,目前已引种和保护万种以上的国内外植物。从 20 世纪 60 年代起对引种植物物候进行了定时、定点的长期连续监测,积累了大量丰富且有价值的资料,为本研究提供了条件。前人仅对少数引种植物适应情况做过一些初步报道(杨清和马信祥,1996;杨清等,1996;肖来云和普正和,1996;胡建湘和郑玲丽,2004)。本文总结了其中观测达到 4 年以上的 84 科 629 种植物适应性情况,主要解决两个问题:1) 热带和亚热带引种植物是否能适应亚洲热带北缘的雨热不是很充沛的气候? 2) 为什么不同地方来源植物适应表现有差异?

## 1 材料和方法

### 1.1 引种目的地的地理位置和自然条件

作为引种目的地的中国科学院西双版纳热带植物园

位于云南西南部(21°41' N, 101°25' E),地处亚洲热带北缘,海拔 570 m。终年受西南季风影响,一年分为明显的 3 个季节,3 ~ 4 月份为干热季,5 ~ 10 月份为湿热季,11 至次年 2 月份为雾凉季(张克映,1966),年平均温度 21.8 °C,最热月均温 25.3 °C,最冷月均温 15.6 °C,年均降雨 1 506 mm 左右,且降雨量的 83% ~ 87% 集中在雨季。土壤属于砖红壤。

### 1.2 数据

研究资料来自中国科学院西双版纳热带植物园档案室,大部分引种植物根据其来源地,引种年份和种的不同进行了依次编号,其余 20 种无编号植物视为早期国内其他地区来源的引种植物。研究的植物包括来自国内外数十个国家和地区 569 个编号的引种植物和植物园内 60 个编号的本土植物(indigenous plant,指未经引种而存在于植物园的植物),共计 84 科 569 种(表 1)。

### 1.3 计算和划分标准

1.3.1 物候相年比计算 引种植物适应性和入侵性的评估方法是通过和本土植物果熟年比分布的比较,以及全年出现萌芽现象的年比和全年出现落叶现象的年比的对比进行初步评价。这里假设本土植物能很好适应植物园气候,并且本土植物或引种植物对环境的适应都可以通过繁殖生长(果熟年比)和营养生长(全年出现萌芽现象和全年出现落叶现象的年比,即全年萌芽年比和全年落叶年比)表现出来。

年比(R)计算方法:

$$R = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (1)$$

式中:R 为年比;n 为实际观测到该物候相的年数;N 为该物候相总观测年数。

1.3.2 编号个数比计算 为了便于本土植物和引种植物相比,以及不同气候区来源的引种植物间进行比较,这里采用了不同年比水平(0, 0 ~ 50%, 50% ~ 100%, 100%)编号个数比(Ra)的方法,减少了不同地区引种植物个数不同造成的误差。编号个数比计算如下:

$$Ra = \frac{m}{M} \times 100\% \quad (2)$$

式中:Ra 为编号个数比;m 为某植物组内在相应年比水平的植物编号个数;M 为该植物组的总植物编号个数。由果熟年比四个水平上的编号个数比作为变量,对不同气候区来源的植物和不同科属植物进行聚类分析。

1.3.3 其他 气候区的划分标准参考周淑贞(1997)的划分,具体划分如表 2。

## 2 结果

### 2.1 引种植物与本土植物物候适应性比较

图 1 比较了引种植物和引种目的地——植物园本土植物的繁殖生长和营养生长适应情况。显

表 1 引种植物科名目录

Table 1 Families of introduced plants

科名 Family name	编号 个数 Number of acce- ssions	科名 Family name	编号 个数 Number of acce- ssions	科名 Family name	编号 个数 Number of acce- ssions	科名 Family name	编号 个数 Number of acce- ssions
爵床科 Acanthaceae	1	虎皮楠科 Daphniphyllaceae	1	密花科 Melianthaceae	1	蔷薇科 Rosaceae	3
龙舌兰科 Agavaceae	5	五桠果科 Dilleniaceae	2	防己科 Menispermaceae	1	茜草科 Rubiaceae	19
八角枫科 Alangiaceae	1	龙脑香科 Dipterocarpaceae	22	含羞草科 Mimosaaceae	52	芸香科 Rutaceae	6
漆树科 Anacardiaceae	7	柿树科 Ebenaceae	5	桑科 Moraceae	15	檀香科 Santalaceae	1
番荔枝科 Annonaceae	11	杜英科 Elaeocarpaceae	5	苦檻蓝科 Myoporaceae	1	天料木科 Samydeaceae	3
夹竹桃科 Apocynaceae	25	大戟科 Euphorbiaceae	34	肉豆蔻科 Myristicaceae	4	无患子科 Sapindaceae	14
冬青科 Aquifoliaceae	2	大风子科 Flacourtiaceae	8	紫金牛科 Myrsinaceae	2	山榄科 Sapotaceae	12
五加科 Araliaceae	2	藤黄科 Guttifera	12	桃金娘科 Myrtaceae	23	苦木科 Simarubaceae	2
南洋杉科 Araucariaceae	1	金缕梅科 Hamamelidaceae	3	蓝果树科 Nyssaceae	1	茄科 Solanaceae	3
紫葳科 Bignoniaceae	27	七叶树科 Hippocastanaceae	1	木犀科 Oleaceae	2	海桑科 Sonneratiaceae	1
木棉科 Bombacaceae	3	翅子藤科 Hyppocrateaceae	1	酢浆草科 Oxalidaceae	1	梧桐科 Sterculiaceae	11
紫草科 Boraginaceae	4	唇形科 Labiatae	1	棕榈科 Palmae	3	旅人蕉科 Strelitziaceae	1
橄榄科 Burseraceae	5	樟科 Lauraceae	18	蝶形花科 Papilionaceae	37	安息香科 Styracaceae	3
仙人掌科 Cactaceae	1	马钱科 Loganiaceae	5	松科 Pinaceae	9	山矾科 Symplocaceae	1
苏木科 Caesalpiniaceae	56	桑寄生科 Loranthaceae	4	胡椒科 Piperaceae	2	榆科 Ulmaceae	1
山柑科 Capparidaceae	2	千屈菜科 Lythraceae	10	海桐花科 Pittosporaceae	2	杉科 Taxodiaceae	2
番木瓜科 Caricaceae	1	木兰科 Magnoliaceae	12	罗汉松科 Podocarpaceae	2	瑞香科 Thymelaeaceae	2
卫矛科 Celastraceae	2	金虎尾科 Malpighiaceae	2	蓼科 Polygonaceae	1	山茶科 Theaceae	8
山茱萸科 Cornaceae	3	锦葵科 Malvaceae	4	山龙眼科 Proteaceae	3	椴树科 Tiliaceae	4
使君子科 Combretaceae	15	竹芋科 Marantaceae	1	鼠李科 Rhamnaceae	8	马鞭草科 Verbenaceae	9
柏科 Cupressaceae	7	楝科 Meliaceae	19	红树科 Rhizophoraceae	1	姜科 Zingiberaceae	1

表 2 按气候区划分的引种来源国家和地区

Table 2 Different climate regions and their countries

序号 No.	气候区 Climate region	国家 Countries and regions	编号个数 Number of accessions
1	热带亚洲北缘和亚热带	国内其他地区；美国；英国；日本冲绳	357
2	热带澳洲	澳大利亚	8
3	热带亚洲	尼泊尔，越南；泰国；柬埔寨；老挝；马来西亚；印度尼西亚；缅甸；斯里兰卡	88
4	热带非洲	加纳；扎伊尔；科特迪瓦；马里；尼日利亚；马达加斯加；乌干达；几内亚	68
5	热带美洲	古巴；巴西；墨西哥	48
6	热带亚洲北缘	引种目的地：中国西双版纳勐仑（中国西双版纳热带植物园）	60

而易见，引种植物和本土植物的果实成熟特征十分相似，都呈一个横 S 型（图 1：A），两组植物编号个数比在果熟年比  $R=0$  的水平上最小，果熟年比在  $50\% \leq R < 100\%$  的水平上最大，而另外两个果熟年比水平上居中。引种植物在前三个果熟年比水平（ $R=0$ ， $0 < R < 50\%$  和  $50\% \leq R < 100\%$ ）上，编号个数比都稍高于本土植物，分别是本土植物的 1.07，1.05 和 1.16 倍。但是，每年都出现果熟现象（ $R=100\%$ ）的编号个数比小于本土植物，为本土植物的 71%。从繁殖生长看，引种植物对西双版纳植物园的环境适应状况只是稍低于本土植物。在营养生长物候方面（图 1：B），引种植物中有全年萌芽的比例远高

于本土植物，是本土植物的 5 倍多，引种植物中只有 2.47% 的比例出现过全年落叶的现象。

## 2.2 不同气候区引种植物适应性比较

不同气候区来源的植物繁殖适应各不相同。根据不同果熟年比水平上植物编号个数比的相似性，不同气候区来源的植物可以分为 3 个类群（图 2）。来源于热带亚洲国家的植物和本土植物果熟适应比较相似，可以归为一个类群；来源于热带澳洲，热带非洲，热带北缘与亚热带地区的植物的果熟适应和本土植物不太相似，组成类群；而来源于热带美洲植物和本土植物差别最大，则单独归为类群。类群植物在果熟年比水平（ $R=0$ ， $0 < R < 50\%$  和  $50\% \leq R < 100\%$ ）

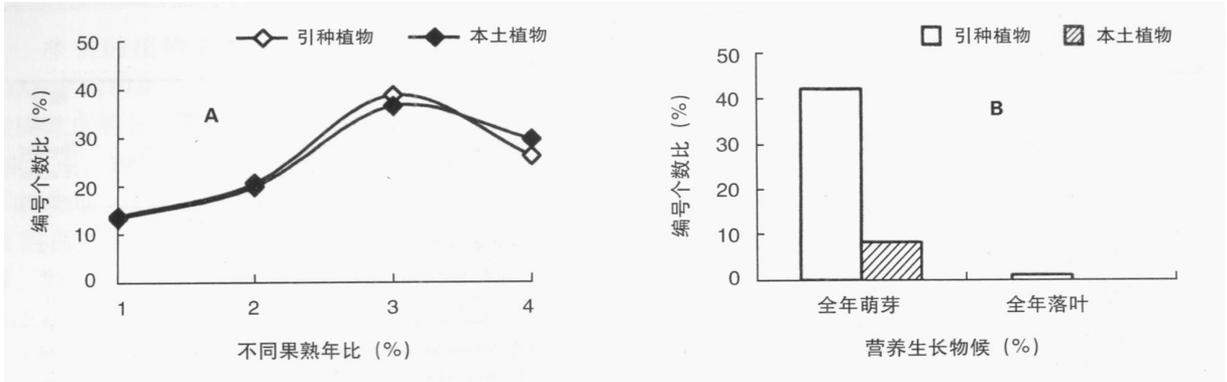


图1 引种植物和本土植物的生长比较。A. 繁殖生长物候比较；B. 营养生长物候比较

Fig. 1 The comparison of growth between the introduced plant and the protophytes. A. reproductive growth; B. vegetative growth (引种植物 introduced plants; 本土植物 indigenous plants. 1: R=0; 2: 0 < R < 50%; 3. 50% R < 100%; 4. R=100%)

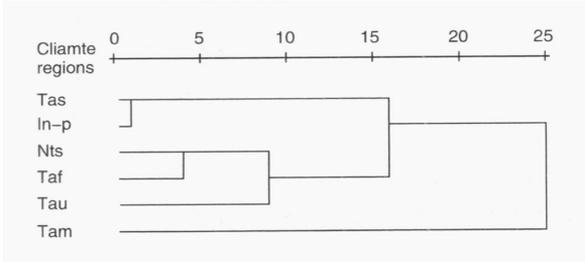


图2 不同气候区来源植物适应性树状图

Fig. 2 The dendrogram of climate regions based on the year ratio of fruit ripening

Tas: 热带亚洲 tropical Asia; Nts: 热带亚洲北缘和亚热带 the northern edge of tropical Asia and sub tropical regions; In-p: 本土植物 indigenous plant; Taf: 热带非洲 tropical Africa; Tau: 热带澳洲 tropical Australia; Tam: 热带美洲 tropical America

编号个数比例都小于类群 和 的植物，但是全年都出现果熟现象的编号个数比大于类群 和 ，分别是 1.46 和 3.65 倍 (图 3: A)。类群 中，来自热带非洲和热带亚洲和热带北缘的植物每年出现果熟现象的编号个数比大于来源于热带澳洲的植物 (图 3: B)。由此看，来源于热带亚洲植物比较适应植物园环境，其次是热带非洲、亚热带和热带北缘的植物，再次是热带澳洲植物，最后是热带美洲植物。

2.3 不同科植物繁殖生长适应性比较

不同科属的植物个体到了引种目的地后的适应也表现出一定差异。图 4 是 14 个科的引种植物根据 4 个果熟年比水平植物编号个数比例聚类的树状图。苏木科，无患子科，蝶形花科，楝科，

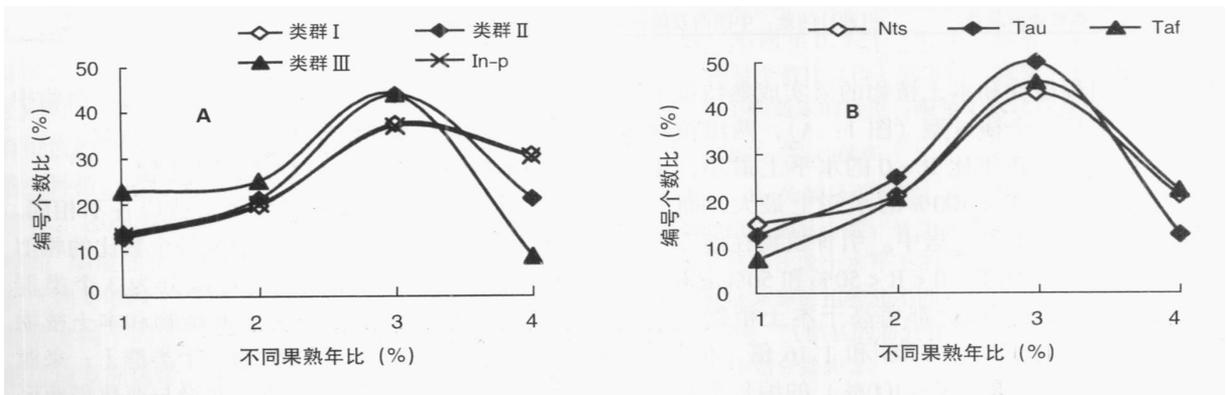


图3 不同气候区来源植物果熟比较。A. 三个类群的果熟年比分布比较；B. 类群 三个气候区植物果熟年比分布比较

Fig. 3 The comparison of fruit ripening for plants from different climate regions.

A. The comparison among three clusters. cluster ; cluster ; cluster ; 1: R=0; 2: 0 < R < 50%; 3: 50% R < 100%; 4: R=100%; B. The comparison of phenology among different source regions in cluster . Nts: 热带亚洲北缘和亚热带地区 northern edge of tropical Asia and sub tropical regions; Tau: 热带澳洲 tropical Australia; Taf: 热带非洲 tropical Africa

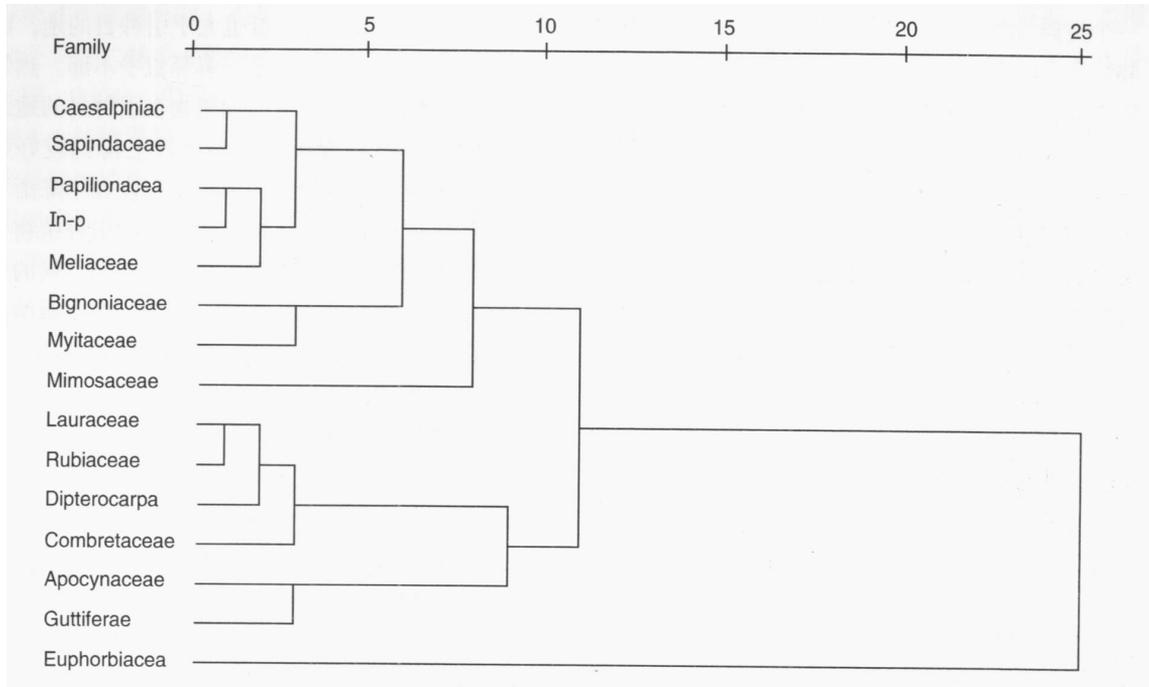


图4 不同科植物聚类图 (In-p: 本土植物 indigenous plants)

Fig. 4 The dendrogram of families and indigenous plants based on the year ratio of fruit ripening

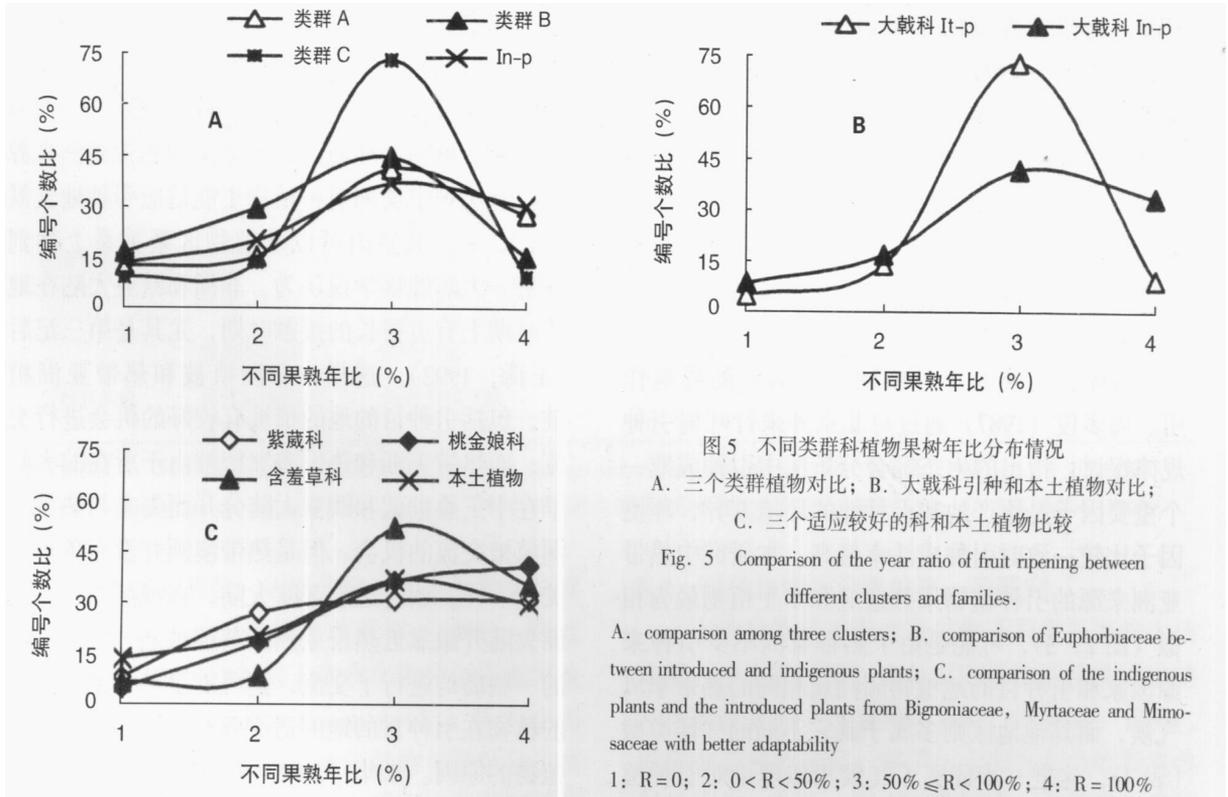


图5 不同类群科植物果树年比分布情况

A. 三个类群植物对比; B. 大戟科引种和本土植物对比; C. 三个适应较好的科和本土植物比较

Fig. 5 Comparison of the year ratio of fruit ripening between different clusters and families.

A. comparison among three clusters; B. comparison of Euphorbiaceae between introduced and indigenous plants; C. comparison of the indigenous plants and the introduced plants from Bignoniaceae, Myrtaceae and Mimosaceae with better adaptability

1: R=0; 2: 0<R<50%; 3: 50%≤R<100%; 4: R=100%

紫葳科, 桃金娘科和含羞草科的植物果熟年比和本土植物比较相似, 构成一个类群 A, 樟科, 茜草科, 龙脑香科, 使君子科, 夹竹桃科, 藤黄科

植物果熟年比和本土植物差异较大, 则属于另一个类群 B, 大戟科的植物主要由于果熟年比 50% R < 100% 水平上编号个数比例过高则单独属于

一个类群 (图 4, 5)。图 5A 显示了各类群科属植物综合后的果熟年比分布情况, 类群 A 和 C 的植物编号个数比在 4 个果熟年比水平上的分布呈横 S 型, 而类群 B 植物则呈倒 V 型。类群 A 植物果熟年比分布和其他两类植物相比, 较大的不同是每年都出现果熟现象的编号个数比较高, 分别是类群 B 和 C 植物的 1.82 和 3.02 倍。类群 C 植物, 即大戟科引种植物在 50%  $R < 100\%$  水平上的编号个数比远远大于类群 A 和 B 的植物, 是后两者 1.60 倍以上; 而且也远大于大戟科本土植物 (图 5: A, B)。类群 A 中的紫葳科, 桃金娘科和含羞草科的引种植物每年出现果熟现象的编号个数比大于本土植物, 分别是本土植物的 1.0, 1.4 和 1.2 倍 (图 5: C), 表现出很强的适应性。

### 3 讨论与小结

#### 3.1 引种植物个体的适应性规律

植物引种活动的历史比较悠久, 但是植物引种学的产生仅有 100 多年。这门学科的产生提出了多种引种学说, 为引种活动提供了理论指导。目前, 比较有影响的仅是迈伊尔的气候相似论 (Mayr, 1906, 1909), 因而不少引种适宜度评估方法就是基于气候相似程度 (李湘阁等, 1995; 冯源和何燕, 1999)。事实上, 引种植物是否能在引种地生长良好, 取决于多种因子 (周多俊, 1987; 朱万泽等, 2005; 蔡邦平, 2005)。本研究主要从气候和植物区系两个方面探讨引种植物在植物园的适应性。

首先, 气候因子对植物引种活动的影响作用。周多俊 (1987) 通过对北京外来针叶树引种规律探讨, 指出的生态综合分析中引种成败一个重要因子是原产地和引种地的环境差异, 环境因子比较一致时引种成活率最高。本研究中热带亚洲来源的引种植物果熟适应和本土植物最为相似 (图 2, 3), 可能是由于热带亚洲不少引种来源国家和引种目的地植物园同属相同的热带季风气候, 而其他地区则多属于其它不同的气候类型 (表 3), 这进一步证实了气候相似理论对引种植物对引种目的地适应性的影响。但是从表 3 中可见, 虽然热带亚洲和引种目的地西双版纳热带植物园同属一个气候类型, 但进一步比较各种气候指标时, 可以发现热带亚洲年均温度稍高于植物

园年均温, 甚至年降雨量也大于引种目的地, 因此仅用气候相似理论来进行解释似乎不够。热带非洲、热带澳洲和热带美洲植物在引种目的地的适应差异不容易直接从气候比较上得到较好解释。如果说由于引种目的地年均温度和年降雨不如这些热带种源地而造成这些地区的引种植物生长适应不如本土植物, 那么未来植物园气候的变化将有利于引种植物的适应。因为, 西双版纳勐仑地区年均温度从 20 世纪 80 年代开始升高, 年降雨也从 90 年代后开始增加 (李红梅, 2001)。

植物区系对植物引种活动也可能有重要影响, 因为进化不仅是一个时间过程, 还是一个空间过程, 生物类群有其起源地、散布路线和占有一定的地理范围和形成相应的分布区, 并生活于相适宜的环境 (路安民, 1999)。区系发生法是根据原苏联尼基塔植物园多年的经验制定的, 该理论认为在起源上有亲缘关系和某些共同性的区系之间关系, 植物往往可能引种成功 (谢孝福, 1994)。西双版纳地区热带雨林和国内其他热带和亚热带植被相比, 更接近热带亚洲雨林, 属同一个亚洲热带雨林区系 (Zhu, 1997; 朱华等, 2001), 由此也可以解释为什么亚洲热带植物比其他地区引种植物更能适应引种目的地——西双版纳热带植物园环境。热带非洲和热带澳洲来源的植物比热带美洲引种植物更能适应引种地气候 (图 2, 3), 其原因可以从植物区系关系上找到答案。大陆漂移学说认为, 非洲和欧亚大陆在地质时期上有过很长的接触时期, 尤其是第三纪后 (王荷, 1992)。这样, 非洲植被和热带亚洲植被, 包括引种目的地的植被有较好的机会进行交流; 而热带美洲和热带澳洲植被由于所在的大陆早在中三叠世就和欧亚大陆分开而失去与热带亚洲植被交流的机会。但是热带澳洲并没有象热带美洲一样, 始终远离亚欧大陆, 在晚始新世, 澳洲大陆开始靠近热带亚洲, 其植被通过两大陆间的一些岛屿进行了交流, 这可能是热带澳洲大陆的植物在引种目的地的适应要好于热带美洲大陆植物的原因。朱华 (2005) 在对云南热带雨林生物地理的研究也暗示出澳洲大陆对亚洲热带植被的影响。

图 4 和 5 显示了不同科引种植物对引种目的地适应也不同, 这也可以说明植物区系发生对引

种的重要影响作用。引种目的地植被——番龙眼和千果榄仁林中大戟科的重要值最高（朱华和周虹霞，2004），但是引种植物中的大戟科植物却和本土植物果熟年比特征差异最大，这可能和大戟科引种植物来源地中没有热带亚洲有关。西双版纳的热带雨林和亚洲热带雨林的一个重要区别就是龙脑香科植物缺乏，然而本研究中龙脑香科

的果熟适应和本土植被中的一些优势科，如樟科、使君子科和藤黄科等也聚为一类。张玲（1994）也对龙脑香科引种植物在植物园的适应做了积极评价。龙脑香科植物在植物园的良好适应可能和本土植被与热带亚洲植被的亲缘关系有关。再者，引种目的地温度的升高也可能促进了龙脑香科植物在引种地的适应（李红梅，2001）。

表3 不同气候区气候指标比较

Table 3 The comparison of different climate regions

气候区 Climate region	地区/国家名 Region/nation	气候类型 Climate	年均温 ( ) Average annual temperature	年降雨 (mm) Annual precipitate	数据来源 Source of data
亚洲热带北 缘, 亚热带	国内其他地区	热带, 亚热带气候	21.7	1523	1
	美国南部	亚热带	24.4	1422	1
	日本冲绳	亚热带气候	23.0	—	3
热带澳洲	澳洲	热带	27.0	1705	3, 4
热带亚洲	尼泊尔	高山, 温带和亚热带	18.7	1394	5
	越南	热带季风气候	24.0	1500~2000	3
	泰国	热带季风气候	22.0~30.0	多雨	3
	柬埔寨	热带季风气候	22.6~27.0	1372~1823	5
	老挝	热带、亚热带季风气候	20.0~26.0	1250~3750	3
	马来西亚	热带雨林气候	25.3~27.8	2205~3905	5
	印度尼西亚	热带雨林气候	27.6	—	3
	缅甸	热带季风气候为主	27.0	多雨	3
	斯里兰卡	热带气候	27.3	2404	1
热带非洲	加纳	热带雨林气候, 热带草原气候	高温	1000~2180	3
	扎伊尔	热带雨林气候, 热带草原气候	25.0	—	3
	科特迪瓦	热带雨林气候, 热带草原气候	>25.0	—	3
	尼日利亚	热带季风气候	26.0~27.0	—	3
	马达加斯加	热带雨林气候, 热带草原气候, 热带高原气候	18.3~26.6	潮湿到少雨	3
	乌干达	热带草原性气候	22.0	1250	3
	几内亚	热带季风气候, 热带草原气候	24.0~32.0	3000	3
热带美洲	古巴	热带雨林气候	25.0	>1000	3
	巴西	赤道气候, 热带草原气候和亚 热带气候 (N)	27.0~29.0	1100~2500	2
	墨西哥沿海	热带气候	25.0~27.7	—	1
引种目的地	西双版纳热带 植物园	热带季风气候	21.8	1506	4

数据来源: 1. 中国气象科学数据共享服务网 (<http://cdc.cma.gov.cn/publicservice/world.jsp>); 2. 盛承禹 (1988); 3. 外交部网站 (<http://www.fmprc.gov.cn/chn/gjhdq/default.htm>); 4. 中国科学院西双版纳热带森林生态系统研究站气象站; 5. 文献 Müller, 1982

需要指出的是, 土壤营养元素对植物生长发育影响也很大 (潘瑞炽和董愚得, 1995), 因此种源地和引种目的地的土壤状况差异也可能导致植物物候规律的变化。Janzen (1974) 认为亚洲热带林区土壤较其他热带地区贫瘠可能导致了植物繁殖间隔时间相对较长。本研究中不同来源植物物候年比的差异也可能与土壤的差异有关, 但是由于没有充分资料进行对比, 所以暂不做这方面的深入分析。

### 3.2 引种植物适应性的进一步研究

引种植物是否能够通过种子萌发是植物历史的一个重要环节, 也是引种植物适应性评价的一个重要方面 (张育英, 1982; 许再富, 1998), 然而由于种种原因, 种子活力和萌发力的资料收集的很少。因此, 将来引种植物, 尤其迁地保护植物的种子萌芽也应该列入植物引种物候观测项目中。对于景区中的一些引种植物, 由于地面需要保持清洁, 所以很难观察到种子萌发, 这就需

要附加人工实验来评估种子萌发力。

### 3.3 引种植物强适应性对生物入侵的暗示

尽管不少植物引种为引种目的地的经济和环境改善做出了巨大贡献,但是也有少数引种植物挣脱出人类的控制,危害自然生态系统,成了入侵种(盛诚桂和张宇和,1979;曾德慧等,2004;Whenua,2003)。因此,对引种植物的监控和入侵性检测,也成了植物引种的一个重要步骤(Higa,1992;BEST Commission,2003;Reaser,2003)。我国《全国生态环境保护纲要》第14条明确指出“对引种外来物种必须进行风险评估……”。繁殖生物特性较强是植物入侵的一个重要特征(李博,2001)。这里,本文从果熟特性方面初步评价引种植物的入侵性。从引种来源气候区看,热带亚洲植物虽然能比较好地适应引种目的地环境,但是其原生境距离引种目的地也比较近,其相应的天敌或竞争者也比较容易迁移到引种目的地,因此造成生态入侵的可能性不大。从科来看,紫葳科,桃金娘科和含羞草科的引种植物每年出现果熟现象的比例要高于本土植物(图5:C)。这几个科中来源于热带澳洲,热带非洲和热带美洲的引种植物有待于进一步的入侵性检测。它们在引种目的地表现出过高的繁殖能力,如果没有其他生物抑制其生长,形成入侵种的可能性很大。

通过以上分析,可以得到以下结论:

1. 从总体上说,引种植物比较适应植物园的环境,表现为果熟年比分布和本土植物比较相似,而且部分引种植物还能保留全年萌芽的习性。从引种植物对引种目的地的适应来看,首先是热带亚洲来源的植物,其次是热带亚洲北缘与亚热带地区和热带非洲的植物,再者是热带澳洲植物,最后是热带非洲植物。从科来看,无患子科,蝶形花科,楝科和紫葳科等的植物个体比较适应植物园的环境。

2. 植物引种活动中除了应注重气候因素的影响外,植物区系关系也应该是一个重要因素。

3. 紫葳科,桃金娘科和含羞草科的一些引种植物个体果熟适应表现甚至超过了本土植物,对其应该加强入侵性的监测。

致谢:西双版纳热带植物园档案室和园林部提供了数据和咨询,朱华研究员对本文提出了宝贵建议。

### 【参 考 文 献】

- 中国气象局国家气象信息中心,中国气象科学数据共享服务网[DB/DL],<http://cdc.cma.gov.cn>
- 中华人民共和国外交部,国家概况[DB/DL],<http://www.fmprc.gov.cn/chn/gihdq/>
- BEST Commission. 2003. The national invasive species strategy for the Bahamas [R]. BEST, Nassau, The Bahamas
- Cai BP (蔡邦平), Wang ZZ (王振忠), Zhang XY (张秀英), 2005. Ecological factors affecting introduction of ornamental-palm plants in Xiamen (in Chinese) [J]. *Science of Silvae Sinicae* (林业科学), 41 (3): 63—67
- Eishanrul-haq M, Allnutt TR, Smith-ranirez C, et al, 2001. Patterns of genetic variation in *in* and *ex situ* populations of the threatened Chilean vine *Berberidopsis coralline*, detected using RAPD markers [J]. *Ann Bot*, 87: 813—821
- Fan JW (范继辉), Jiang L (蒋莉), Cheng GW (程根伟), 2005. Alien species invasion in Southern China and its countermeasures [J]. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 16 (3): 568—572
- Feng Y (冯源), He Y (何燕), 1999. Analysis of climatic adaptability for introduction of Australian nut in Guangxi [J]. *J Guangxi Meteorol* (广西气象), 20 (4): 43—45
- Higa S, 1992. Plant importation rules and regulations [A]. In: Stone CP, Smith CW, Tunison JT. eds. Alien plant invasions in native ecosystems of Hawaii: management and research [M], 707—711
- Hu JX (胡建湘), Zheng LL (郑玲丽), 2004. A primary study on introduction and cultivated of Salak in Xishuangbanna [J]. *Subtrop Plant Sci* (亚热带植物科学), 33 (3): 48—50
- Huang SX (黄仕训), Luo WH (骆文华), Tang WX (唐文秀), et al, 2002. Study on the adaptability of the rare and threatened limestone plants *ex-situ* conservation [J]. *Gaibia* (广西植物), 22 (2): 136—139
- Janzen DH, 1974. Tropical blackwater rivers, animals and mast flowering by the Dipterocarpaceae [J]. *Biotropica*, 6: 69—103
- Li B (李博), Hsu PS (徐炳声), Chen JK (陈家宽), 2001. Perspectives on general trends of plant invasions with special reference to alien weed flora Shanghai [J]. *Biodivers Sci* (生物多样性), 9 (4): 446—457
- Li HM (李红梅), 2001. Climate changes of Menglun in Xishuangbanna for the last 40 Years [J]. *Meteorology* (气象), 27 (10): 0—24
- Li Q, Xu Z, He T, 2002. Ex situ genetic conservation of endangered *Vatica guangxiensis* (Dipterocarpaceae in China) [J]. *Biolog Conserv*, 106: 151—156
- Li XG (李湘阁), Min QW (闵庆文), Yu WD (余卫东), 1995. Study of climatic adaptability of tea plants in Nanjing area [J]. *J Nanjing Institute Meteorol* (南京气象学院学报), 18 (4): 572—577
- Lu AM (路安民), 1999. Preface [A]. In Lu AM (路安民) ed. *The Geography of Spermatophyte* [M]. Beijing: Science Press,

- 1—14
- Mayr H, 1906. *Fremdlandische Wald und parkbaume fur Europa* [R]. Berlin-parey
- Mayr H, 1909. *Die Naturgesetzlicher Grundlage des Waldbause* [R]. Berlin-parey
- Müller M, 1982. *Selected Climatic Data for a Global Set of Standard Stations for Vegetation Science* [M]. Netherland: Dr. W. Junk Publisher, 112: 132—135
- Olukoye GA, Wamicha WN, Kinyamario JI, 2003. Assessment of the performance of exotic and indigenous tree and shrub species for rehabilitating saline soils of Northern Kenya [J]. *Afri J Ecol*, 41: 164—170
- Pan RC (潘瑞炽), Dong YD (董愚得), 1995. *Plant Physiology* [M]. Beijing: Advanced Educational Press, 288—289
- Peng YL (彭友林), Wan HQ (万海清), Wang WL (王文龙), et al, 2001. A study on introduction and cultivation of *Rosa roxburghii* at low elevation [J]. *Chin Bull Bot (植物学通报)*, 18 (6): 744—746
- Perrins C, Williamson M, Barbier EB, et al, 2002. Biological invasion risks and the public good: an economic perspective [J]. *Conserv Ecol*, 6 (1): 1—7
- Reaser J K, 2003. Closing the pathways of aquatic invasive species across North America: overview and resource guide [R]. Commission for Environmental Cooperation
- Sheng CG (盛诚桂), Zhang YH (张宇和), 1979. *The Acclimation of Plant* [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 22—76
- Sheng CG (盛诚桂), 1987. The general accomplishments of plant introduction and acclimatization of plants in China and their consideration for 2000 years [J]. *Plant Introd Acclimatiz (植物引种驯化集刊)*, 5: 3—9
- Sheng CY (盛承禹), 1988. *World Climate* [M]. Beijing: China Meteorological Press
- Wang HS (王荷生), 1992. *Plant Floristic Geography* [M]. Beijing: Science Press, 66—69
- Wang MS (王梅松), Zheng TH (郑天汉), Zheng PG (郑品光), 2003. An investigation on the relationship between distribution of introduced plants and calorcity in Fujian Province [J]. *Acta Agric Univ Jiangxiensis (江西农业大学学报)*, 25 (3): 383—387
- Whenua M, 2003. *Aliens* [R]. IUCN, South Africa
- Xiao LY (肖来云), Pu ZH (普正和), 1996. A study on immigration protection of rare and endangered plants [J]. *Yunnan Forest Sci & Tech (云南林业科技)*, 74 (1): 45—53
- Xie XF (谢孝福), 1994. *Plant Introduction* [M]. Beijing: Science Press, 1—2, 40
- Xu ZF (许再富), 1998. *Principle and Methodologies of Ex-situ Conservation for Rare and Endangered Plants* [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 80—81
- Yang Q (杨清), Ma XX (马信祥), 1996. Experiment on introduction and cultivation of Pine Abroad [J]. *Yunnan Forest Sci & Tech (云南林业科技)*, 3: 41—46
- Yang Q (杨清), Xiao LY (肖来云), Pu ZH (普正和), et al, 1996. Study on *ex situ* conservation of threatened species *Vatica mangachapoi* [J]. *Guihaia (广西植物)*, 16 (1): 64—68
- Zeng DH (曾德慧), Zhang CX (张春兴), Wang GR (王桂容), et al, 2004. Introduction of upland rice cultivars to eastern Keerqin sandy land their biology characteristics [J]. *Chin J Appl Ecol (应用生态学报)*, 15 (10): 1873—1877
- Zhang KY (张克映), 1996. The analysis of climatic characteristics and its reason in the southern of Yunnan [J]. *Acta Meteorol Sin (气象学报)*, 33 (2): 210—230
- Zhang L (张玲), 1994. The introduction of Dipterocarpaceae plants to Xishuangbanna Tropical Botanical Garden and its future [J]. *Trop Plant Res (热带植物研究)*, 33: 21—27
- Zhang YY (张育英), 1982. Studies on the introduction and domestication of economic plants in wet tropical regions of Xishuangbanna, China [J]. *Acta Bot Yunnan (云南植物研究)*, 4 (4): 375—382
- Zhou DJ (周多俊), 1987. The general regularity of introduction of coniferous trees in Beijing, China [J]. *Plant Introd Acclimatiz (植物引种驯化集刊)*, 5: 11—19
- Zhou SZ (周淑贞), Zhang RY (张如一), Zhang C (张超), 1997. *Meteorology and Climatology* [M]. Beijing: Advanced Educational Press, 208
- Zhu H (朱华), Li YH (李延辉), Xu ZF (许再富), et al, 2001. Characteristics and affinity of the flora of Xishuangbanna, SW China [J]. *Guihaia (广西植物)*, 21 (2): 127—136
- Zhu H (朱华), Zhou HX (周虹霞), 2002. A comparative study on the tropical rain forest in Xishuangbanna and Hainan [J]. *Acta Bot Yunnan (云南植物研究)*, 24 (1): 1—13
- Zhu H (朱华), 2005. Biogeography of the tropical rain forest of Yunnan an some implications to geological history [J]. *Adv Earth Sci (地理科学)*, 20: 1—80
- Zhu H, 1997. Ecological and biogeographical studies on the tropical rain forest of south Yunnan, SW China with a special reference to its relation with rain forest of tropical Asia [J]. *J Biogeogr*, 24: 647—662
- Zhu JY (朱积余), Lin RG (林榕庚), Jiang Y (蒋麟), 1997. Introduction and *ex situ* conservation of rare and endangered tree species from southern Subtropics [J]. *J Centr South Forest Univ (中南林学院学报)*, 17 (2): 59—66
- Zhu WZ (朱万泽), Wang JX (王金锡), Xue JH (薛建辉), 2005. Climatically and ecologically adaptive regions for the introduction of *Alnus formosana* [J]. *J Trop Subtrop Bot (热带亚热带植物学报)*, 13 (1): 59—64