

水杉引种及迁地保护进展

马履一¹, 王希群¹, 郭保香²

(1. 北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 湖北省林业勘察设计院, 湖北 武汉 430079)

摘要: 对1947年以来发表的有关活化石——水杉(*Metasequoia glyptostroboides* Hu & Cheng)在世界范围内的引种及迁地保护文献进行了系统评述。从1947年开始,水杉已在我国以及亚洲、欧洲、大洋洲、非洲、北美洲、南美洲六大洲的53个国家引种和得到迁地保护,已成为其中一些国家重要的植物研究材料和著名的风景观赏树种和造林绿化树种,并且成为一种国际关系的纽带。国际自然保护联盟(IUCN)已在1999年选出水杉等9个针叶树作为世界范围内保护的植物,同时由于水杉对酸沉降污染的敏感性和在世界范围内的广泛适应性,因此可作为世界范围内酸沉降污染共同的生物监测指示种和重要研究材料。引种为水杉的保护提供了有效的途径,但引种的质量已成为一个今后值得研究和解决的重要问题。

关键词: 水杉; 引种; 迁地保护; 世界

中图分类号: Q948.13 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2006)03-0235-07

Progress on introduction and *ex-situ* conservation on *Metasequoia glyptostroboides* in the world

MA Lu-yi¹, WANG Xi-qun¹, GUO Bao-xiang²

(1. *The Key Laboratory of Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;* 2. *Hubei Provincial Forest Survey and Design Institute, Wuhan 430079, China*)

Abstract: The literatures on the introduction and *ex-situ* conservation progress of a living fossil—*Metasequoia glyptostroboides* from 1947 to now in the world was carried through. The introduction and *ex-situ* conservation on *Metasequoia* has been taken in China and other 53 countries of the six continents in the global since 1947. *Metasequoia* has become the important plant research material and scenery-oriented forest species and afforestation species. At the same time, it has been a kind ligament of international relations. IUCN(International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources) selected *Metasequoia* as one of the 9 protective conifers within the scope of the world in 1999. At the same time, because of its sensitivity to acid deposition pollution and extensive adaptability, so it can be used as a common monitoring and indicating living creature and important research material of acid deposition pollution all around the world. The *Metasequoia* introduction and development has provided an effective protective way to the *Metasequoia*, however, the introduction quality is an important question left to be researched and resolved.

Key words: *Metasequoia glyptostroboides* Hu & Cheng (Dawn Redwood); introduction of the *Metasequoia*; *ex-situ* conservation; in the world

在二十世纪40年代,中国特有珍稀濒危植物水杉的发现曾受到世界植物界的关注,被公认为是我国乃至世界二十世纪植物界的重大发现,自1947年开始在世界范围内广泛引种,现已到世界53个国

家,并成为一些国家重要的植物研究材料和著名风景观赏、造林绿化树种,且水杉也成为一种国际交往的纽带。据有关学者对引种和迁地保护的定义,由于水杉自然分布在鄂西(湖北利川)、湘西(湖南龙

收稿日期: 2005-04-06 修回日期: 2005-11-16

基金项目: 北京市自然科学基金(6052016)[Supported by the Natural Science Foundation of Beijing(6052016)]

作者简介: 马履一(1957-),男,云南大理人,教授,博士生导师,主要研究方向为森林培育,(Email)maluyi@bjfu.edu.cn.

山)、渝东(重庆石柱)所形成的极为狭窄三角形分布区内,方圆近 1 000 km² 内,集中分布区在湖北利川小河附近 600 km² 内,因此在分布区外水杉的发展均属引种研究的范畴,也属水杉迁地保护和区系研究的重要组成部分(吴中伦,1983;潘志刚等,1994;谢孝福,1994;朱鹤健,1985;王希群等,2004a)。保护和发展已成为水杉研究的两个主题,中国与美国、朝鲜以及尼泊尔等国在水杉引种方面的交往已成为国际交往的佳话。

1 国外水杉引种驯化的历史及过程

1941年干铎先生在川、鄂交界处的谋道溪(又名磨刀溪,原属四川省万县,1955年12月20日经国务院批准划归湖北省利川县)发现水杉后引起注意,1943年王战先生采集到水杉标本,并于1945年夏转交给中央大学农学院(1937年10月迁到重庆沙坪坝,1945年11月返还南京)郑万钧先生后,郑万钧等学者立即开始水杉的调查研究,1948年由胡先骕、郑万钧发表“On the new family *Metasequoiaceae* and on *Metasequoia glyptostroboides*, a living species of the genus *Metasequoia* found in Szechuan and Hupen”一文,命名了活化石水杉,受到世界植物界关注。水杉被发现后,受到国内外极大重视,在正式命名文献发表前,中央大学农学院华敬灿先生于1947年秋采到第一批水杉种子约2 kg,部分由郑万钧寄往美国,由此开始在世界各地引种,这一过程已有文献进行详细描述(南京林产工业学院林学系,1973;Fulling, 1976;Madsen, 1999;王忠魁,1981;Ma等,1999),本文只简单提及。世界上水杉的引种最早从两个方向进行,一是由中国直接引种,新中国成立前,1947年12月由中国科学家胡先骕、郑万钧等直接引种到美国、德国、英国、丹麦等国;新中国成立后,1950年后由中国科学院植物所引种到朝鲜、苏联、匈牙利、阿尔巴尼亚、南斯拉夫等国;二是通过美国等国间接引种,1948年,美国学者 Dr. Merrill 和 Dr. Chaney 在得到来自中国的水杉种子后,分别引种到德国、英国、加拿大等国及美国各州用于繁殖,时间在1948年春季,并在记载上有的记为种子邮出时间,有的记为种子收到时间,因此在文献中看到同一地点1947、1948年两个时间引种的记载,后来又通过这些国家扩大引种范围。世界水杉的引种和迁地保护大概可分为3个阶段:(1)1947

年~50年代末(二十世纪,下同),主要开展水杉的适生性研究、群落学研究、繁殖技术与形态解剖学研究等;(2)50年代末~80年代末,由于引种的部分水杉开始结实,在进一步扩大引种的基础上,主要开展系统的水杉生态学、培育学和景观观赏学研究;(3)80年代末至今,开展水杉系统保护、遗传育种学和分子水平上对水杉进行研究,并开展定向选育。

自水杉被发现后,各国、各地区竞相引种,栽培区不断扩大。据1946~2003年发表有关文献统计,世界上北至丹麦的哥本哈根、俄罗斯的圣彼得堡(列宁格勒)及美国的阿拉斯加,南达阿根廷、印度尼西亚,地跨亚洲、欧洲、大洋洲、非洲、北美洲、南美洲六大洲,有53个国家进行水杉引种栽培和迁地保存,同时在解剖学、分类学、花粉学、生物量和生产率、生物化学和遗传学、保护生物学、园艺学及水杉化石记录和古地理学和古气候学等方面开展系统研究。世界范围内的水杉引种和异地保护主要由植物园和大学来完成,水杉已成为这些国家大学、研究所和植物园的“上宾”,同时水杉也作为受威胁物种受到世界关注,世界保护监测中心(WCMC)将水杉濒危等级定为E级(濒危),国际松杉类植物专家组(CSG)划分为2级,中国植物红皮书(CPRDB)划分R级(稀有),由于WCMC、CSG及CPRDB三者所依据的濒危等级划分标准不同,分类结果也就不一致(傅立国,1991;IUCN, 1994;WCMC, 1994),利川小河水杉湿地(沼泽)的保护开始受到一些学者重视(中国湿地植被编辑委员会,1999)。同时,世界范围的水杉研究也受到重视,2002年8月5~7日在武汉中国地质大学召开“首届国际水杉会议”对有关研究成果进行交流,殷鸿福院士等呼吁建立国家级自然保护区对水杉原生种群及其栖息地生境保护,受到社会关注,2003年6月中华人民共和国国务院正式批复湖北省星斗山自然保护区为国家级自然保护区,保护世界著名原产地的水杉原生母树及其生境,为水杉的保护开辟了新的道路(王希群等,2004b)。世界开展水杉研究的主要国家见表1。

2 世界水杉的适生性研究

总结世界各国引种水杉的目的,主要有:一是作为世界著名的珍稀濒危植物引种和迁地保存;二是作为系统研究植物的重要资源引种,作为认识和研究的材料;三是作为风景区观赏植物引种栽培,也作

为有价值树种进行开发研究(Kuser 等,1997; Murray,2001;Barron 等,2002)。

表 1 世界上开展水杉研究的主要国家
Table 1 The major countries of developing *Metasequoia* research

洲 Continent	数量 Number	国家 Country
亚洲 Asia	15(包括中国)	中国、朝鲜、韩国、日本等
欧洲 Europe	28	德国、丹麦、芬兰、瑞士、英国、法国、俄罗斯等
非洲 Africa	2	
北美洲 North and Central America	5	美国、墨西哥、加拿大等
大洋洲 Oceania	2	澳大利亚、新西兰
南美洲 South America	2	
合计 Total	54	

Country/Area 排名顺序来源于 FAO. State of the World's Forests 2001

表 2 亚洲主要引种栽培水杉的国家

Table 2 The countries of *Metasequoia* introduced in Asia

国家 Country ¹⁾	时间 Time	主要栽培地点 Major places
柬埔寨 Cambodia		
朝鲜 Dem. People's Rep. of Korea	1950,1972	平壤 Pyongyang
格鲁吉亚 Georgia	1950	科尔基斯 Colchis
印度 India	1947,1957	西孟加拉 West Bengal, 加尔各答 Calcutta
印度尼西亚 Indonesia	1948	茂名 Bogor
日本 Japan	1950	熊本 Kumamoto, 福冈 Fukuoka, 富山 Toyama, 京都 Kyoto
老挝 Lao People's Dem. Rep		
尼泊尔 Nepal	1978	勒利得布尔 Lelidbur
南朝鲜 Republic of Korea	1950	京畿道 Kyonggi-do, 汉城 Seoul, 庆州 Kyongju
泰国 Thailand		班考尧 Khao Yoi
土耳其 Turkey	80 年代	
乌兹别克斯坦 Uzbekistan	1951	卡尔希 Karshi
越南 Viet Nam	1952	河内 Hanoi, 菊芳 Cuc Phoung
孟加拉国 Bangladeshi		

¹⁾ 中国是水杉自然分布区,未包括在内。 ¹⁾ China is excluded as it's the natural distribution area of *Metasequoia*.

非洲:只有赤道附近的肯尼亚和中非的埃及在植物园栽培获得成功。

亚洲:除中国为原产地并广为栽培外,朝鲜、韩国、日本也广为栽培,一是作为重要珍贵濒危植物栽培保护,二是作为景观树种和行道树种。其他国家如印度、印度尼西亚、老挝、尼泊尔、泰国、土耳其、乌兹别克斯坦、越南、柬埔寨、孟加拉国等在植物园作为观赏和研究栽培,1950 年引进到处于赤道附近的印度尼西亚茂名植物园,生长良好,已成大树(Ando 等,1991;斋藤清明,1995;Kalyan 等,1997;白田稔等,1998;Lee 等,1999;Williams 等,2003)。水杉已

在日本全国得到广泛栽培,对其中 6 个种植点水杉林分的结构、生长、生物量测定结果,成熟水杉林地上部分总生物量最大值是最小值的 2 倍,42 年生最大值为 450 t/hm²,48 年生最小值 196 t/hm²,20 年生的为 176 t/hm²,且 87% 的地上生物量分配在干部,9% 在树枝上,4% 在叶部(Williams 等,2003)。同时开展目的性很强的选育工作,选出“出羽雪 1 号和出羽雪 2 号”,这两个品种具根端弯曲少且生长快,能抗雪压,有效提高了木材的利用价值,并可提早成材(白田稔等,1998)。在低纬度气候炎热的泰国、越南、柬埔寨等国生长良好。印度大吉岭的 Lloyd Botanic Garden1957 年从英国引种的水杉 40 年生高 18 m,生长良好但生长速度较慢(Kalyan 等,1997)。在亚洲主要引种栽培水杉的国家见表 2。

欧洲:是世界上引种水杉最早和范围最广的地区之一,1947 年首先在德国、法国、丹麦等国引种获得成功,且水杉在这一地区表现出很强适生性(Pokorny,1970/1971; Em, 1972; Leibundgut, 1978; Mulligan, 1980; Bugala, 1984; Elersek 等,1984; Tokar, 1986; Buffi,1987; Delkov 等,1987; Vazhov 等,1988; Yaroslaitsey,1988; Bulygin 等,1989; Goudzwaard 等,1992; Jurkovic 等,1996; Bushitinov; 1997; Haupthoff, 1998; Liao 等,2000; Nelson, 1998; Polman 等,1999)。德国 1947 年引种水杉,1958~1971 年在其西北的巴登一符腾堡州(Baden-Wuttemberg)采用扦插苗造林 7 800 m²,幼林期呈速生趋势,25 年生后开始缓慢,据测定其中一个造林点 27 年生平均高 27.95 m,平均胸径 36 cm,另一个造林点 28 年生平均高 26.3 m,40 年生高可达 30 m,1958~1960 年造林的林分高达 32 m,水杉对德国的立地易适应,秋季针叶随短枝同时脱落,枯落物易分解形成腐殖质,抗病虫害能力较强,木材虽软,但持久耐用,不易招致病虫害(Haupthoff, 1998)。乌克兰把全国区划为 11 个农业区,对经过 1984~1985 年严寒条件下的一些针叶树的适生性研究表明,引种的水杉表现出很强抗寒性,生长正常,在 11 个农业区均适宜栽植(Vazhov 等,1988)。在 60° N 左右斯堪的纳维亚半岛的芬兰、瑞典和挪威 1947~1948 年引种水杉,60 年代初曾进行过系统研究,表明在各地生长良好并作为重要观赏树种(Hendricks 等,1998; Polman 等,1999)。英国 1948 年在著名的邱园(Kew Gardens)栽植的水杉,1957 年开始结实,并把种子引种到印度等国。而在欧洲北部,引种栽植在俄罗斯索契树木园现保存有 26 株水杉,半数

植株发生枯梢,因此还没确定其最适引种地区(Bushitinov,1997)。在克罗地亚,对萨布勒斯(Zagrebu)的8个公园和2个私人花园引种的水杉、银杏(*Ginkgo biloba*)、雪松(*Cedrus deodara*)等从高度和直径生长量以及健康和生物气候学等研究后认为,水杉等在克罗地亚城市区域和风景林中有广泛的应用价值(Jurkovic等,1996)。在保加利亚最大树龄水杉已有32年,但种子的授粉率和发芽率都很低,2年生苗木平均高度140 cm以上,32年生水杉林平均高度达20 m(最高26 m),一些个体的直径达40~50 cm(Delkov等,1987)。欧洲主要引种栽培水杉的国家见表3。

表3 欧洲主要引种栽培水杉的国家

Table 3 The countries of *Metasequoia* introduced in Europe

国家 Country	时间 Time	主要栽培地点 Major places
阿尔巴尼亚 Albania	1951	
比利时 Belgium	1948	布鲁塞尔 Brussels
保加利亚 Bulgaria	1951	索非亚 Sofia, 保加林 Bulgaria
白俄罗斯 Belarus	1951	明斯克 Minsk
克罗地亚 Croatia	1951	萨布勒斯 Zagreb
捷克 Czech Republic	1951	黑森林附近科斯泰莱茨 Kostelec nad Cernymilesy, 布拉格 Prague
丹麦 Denmark	1947,1979	哥本哈根 Copenhagen
芬兰 Finland	1948	赫尔辛基 Helsinki
法国 France	1947	巴黎 Paris
德国 Germany	1948,1951	萨克森 Saxony, 巴登—符腾堡州 Baden-Wuttemberg, 基尔 Kiel
希腊 Greece		
爱尔兰 Ireland		
意大利 Italy		罗马 Rome, 佛罗伦萨 Firenze
匈牙利 Hungary	1951	布达佩斯 Budapest
马其顿 Macedonia		斯科普里 Skopje
荷兰 Netherlands	1948	瓦赫宁恩 Wageningen
挪威 Norway	1948	
波兰 Poland	1948	库尔尼克 Kornik, 比亚来斯托克 Bialystock
罗马尼亚 Romania	1951	布加勒斯特 Bucuresti
俄罗斯 Russian Federation	1951	莫斯科 Moscow, 列宁格勒 Leningrad, 尼基京卡 Nikitskii
斯洛伐克 Slovakia	50年代	兹沃伦 Mlynany, Zvolen
斯洛维尼亚 Slovenia	50年代	卢布尔雅那 Ljubljana, Gozdno
西班牙 Spain		马德里 Madrid
瑞典 Sweden	1947	于默奥 Umea, 乌普萨拉 Uppsala
瑞士 Switzerland	1948	格朗 Gland, Birmensdorf 比尔门斯多夫
乌克兰 Ukraine	1953,1959~1966	雅尔塔 Yalta, 基辅 Kiev
英国 United Kingdom	1947	设菲尔德 Sheffield, 布里斯托尔 Bristol, 伦敦 London
南斯拉夫 Yugoslavia	1951	贝尔格莱德 Belgrade

中美洲和北美洲:美国是世界上最早引种水杉

并将水杉推向世界的国家之一,也是最早开始研究水杉的国家之一,1947年冬引入,由哈佛大学阿诺德树木园(Arnold Arboretum)Dr. Merrill 分发到世界各国以及美国各州开展了系统的水杉适生性研究,南起佛罗里达州,北至纽约州北部,东达康涅狄格州,南到科罗拉多州,后来推广到各地栽培,均生长良好,还北移到北部冬季最低气温达-47℃的阿拉斯加半岛也能在野外越冬生长(57° N),到60年代末开始结实,但授粉率和结实率都很低,80年代开始正常结实,表现出很强适生性,已成为美国一种重要的景观树种和常见树种(Harris,1973;Fulling,1976;Flint,1983;Madsen,1999);在美国北部冬季气温下降到-1℃的马萨诸塞州能耐严寒,生长良好,在美国中部夏季气温常常超过35℃,而夏季经常无雨的加利福尼亚普拉塞维尔生长旺盛,位于美国南部的德克萨斯州和佛罗里达州,夏无酷暑,冬无严寒,年降雨量700 mm左右,水杉生长旺盛并为常见的观赏树种。并选出了几个用于景观绿化的栽培品种,如“National(爱国者)”和“Golden Dawn(金色拂晓)”等,“National”具有窄冠和高生长明显的特点;“Golden Dawn”具有球型、生长慢、金黄色的叶色和矮化等特性,是优良园林观赏品种(Flint,1983;Murray,2001);1990年对从中国收集52株自由授粉的种子研究后认为,1990年引种的所有材料的遗传变异均很高,而1947年引种的材料遗传变异小,这主要是与1947年采集的种子主要来自于比较集中的几株树有关(Hendricks等,1998)。

大洋洲:在新西兰北岛中东部的东木山树木园中,38年生水杉树径达113 cm,高25.7 m,树木生长健壮、旺盛,无病虫害,现已得到广泛推广,栽植于公园、植物园和私人农场,作为改善和美化环境的重要树种(罗伟祥等,1995)。

南美洲:在巴西的里约热内卢植物园有引种栽培,二十世纪50年代和90年代两次引入阿根廷共和国首都布宜诺斯艾利斯(35° S)和德巴里洛切(约41° S)生长良好,阿根廷成为水杉引种在南美洲最南边的国家(南京林产工业学院,1973年;胡兆谦,1979)。非洲、北美洲、大洋洲、南美洲主要引种栽培水杉的国家见表4。

3 小结

(1)水杉在世界引种范围大约南至赤道的肯尼

亚和印度尼西亚,北至 60°N 左右的挪威、芬兰和美国的阿拉斯加,如此广泛的引种栽培区域,已超出水杉的历史分布界限。据热量、水分和其他指标将世界气候划分为 17 个气候区,其中水杉迁地保护成功的国家涵盖了温带落叶阔叶林、温带海洋性、温带季风、温带草原、亚热带常绿硬叶林、亚热带季风、亚热带常绿阔叶林、萨瓦纳(热带稀树草原)、热带季风和热带雨林 10 个气候区,而在寒带冰原、寒带苔原、亚

表 4 非洲、北美洲、大洋州、南美洲

主要引种栽培水杉的国家

Table 4 The countries of *Metasequoia* introduced in Africa, North and Central America, Oceania and South America

国家/地区 Country/territory	时间 Time	主要栽培地点 Major places
非洲 Africa		
埃及 Egypt	1950s	内罗毕 Nairobi
肯尼亚 Kenya	1960s	锡卡 Thika
北美洲 North and Central America		
加拿大 Canada	1947	滑铁卢 Waterloo
古巴 Cuba	1950s	
墨西哥 Mexico	1950s	墨西哥城 Mexico City
美国 United State	1947, 1990	各地都有引种栽培 Major states and cities
多米尼亚 Dominican		
大洋州 Oceania		
澳大利亚 Australia	1948	堪培拉 Canberra, 塔斯马尼亚 Tasmania, 伊斯特伍德 East- woodhill, 新南威尔士 New South Wales
新西兰 New Zealand	1952	奥克兰 Auckland, 罗托鲁阿 Rotorua
南美洲 South America		
阿根廷 Argentina	1950s, 1990s	布宜诺斯艾利斯 Buenos Aires
巴西 Brazil	1995	里约热内卢 Rio de Janeiro

寒带针叶林、温带沙漠、亚热带沙漠和草原、热带沙漠以及高原气候和高山气候 7 个气候区没有水杉引种或引种水杉成功的报道。水杉的种类(*Metasequoia* spp.)在一万万年前的中生代白垩纪及新生代地层中均有发现,具很广的分布区,广泛分布在北美、日本东部、中国东北、俄罗斯西伯利亚、西欧、格林兰等,达 80° N,第四纪冰川后,多已灭绝,仅存现代水杉 1 种(*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng),分布于中国中部的武陵山区,且自然分布区极为狭窄。可以看出,水杉这种极强适应性和遗传可塑性是和它历史的地理分布及其长期系统发育紧密相关的,表现出喜湿、喜温的共同特性。

(2)关于水杉具广泛引种区和适应性的原因,用苏联植物学家库里齐亚索夫于 1953 年提出的生态历史分析法解释更为恰当(潘志刚等,1994),他认为

地质史上冰川时期强迫植物南迁,冰川期后有些植物又从南向北移动,现在许多植物的分布范围是经过冰川期后被迫形成的,因此,现有植物的分布并不能说明它们在古代的分布情况,有些植物现在的分布不一定是它们的最适生境,尤其不一定是生产上的最佳地域,把它们引种到其他地区可能会发挥更大潜力,其适应性也不相同。世界范围内水杉的引种证明,其适应范围和在许多地方的生长潜力远远超过在水杉自然分布区域内的表现,水杉已成为世界上适应范围最北、最耐寒的杉科植物。

(3)美国等引种地对水杉的遗传基础研究发现,早期各国引种水杉的遗传基础狭窄,主要是当时的认识水平和条件限制,采集的水杉种子只来自于有限的几株采种母树,因此世界范围内的水杉引种并不是严格科学意义上的异地保护,只是在水杉种这个层次上的异地保存,没有实现从完全的生物多样性和遗传多样性上进行保护。研究表明原产地水杉的遗传基础处于中等范围,为使这一重要的珍稀濒危植物得到有效保护和利用,需通过拓宽引种水杉的遗传基础,提高世界水杉的引种质量和水平。引种和发展为水杉的保护提供了有效途径,但引种质量将成为一个值得研究和解决的重要问题。

(4)建立水杉研究中心,作为世界开展水杉研究和交流的桥梁,总结世界水杉研究的成果,对世界范围水杉引种的现状进行科学评估,促进国际合作,推进世界水杉的研究。一方面,中国科学院生态环境研究中心冯宗炜院士等通过对中国南方 108 种主要乔灌木对酸沉降复合污染的敏感性试验和大量实地调查研究,根据伤害阈值、叶伤斑比率、初次出现症状时剂量和时间等 4 项指标(以过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)对酸沉降的反映较敏感)综合比较结果,筛选出包括水杉等敏感的树种 27 种,由于水杉在世界范围内的广泛适应性,因此可作为世界范围内酸沉降污染共同的生物监测指示种和重要研究材料(冯宗炜等,1999);另一方面,国际自然保护联盟(IUCN)针叶专家组 1999 年在瑞士从 43 个针叶树中选出水杉等 9 个针叶树(威林柏 *Widdringtonia cedarbergensis* J. A. Marsh, 巨杉 *Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) Bucholz, 智利柏 *Fitzroya cupressoides* Johnst., 西西里冷杉 *Abies nebrodensis* (Loj. -Poj.) Mattei, 罗汉松科一种 *Acmopyle sahni-ana* Johnst., 大马丁内斯松(5 针) *Pinus maximartinezii* Rzedowski., 水杉 *Metasequoia glyptostro-*

bodies Hu & Cheng, 越南松 *Pinus krempfii* Lecomte, 白豆杉 *Pseudotaxus chienii* (Cheng) Cheng) 作为世界范围内受保护的植物 (Farjon 等, 1999), 因此今后在水杉研究方面的国际合作范围将会更广。

本研究得到中国科学院生态环境研究中心冯宗炜院士的指导并提供部分资料, 在此表示衷心感谢!

参考文献:

- 中国湿地植被编辑委员会. 1999. 中国湿地植被[M]. 北京: 科学出版社; 71-73.
- 白田稔, 太田昇, 高桥光夫. 1998. 抗雪、根端弯曲少的水杉新品种——出羽雪 1、2 号的特性和经济效益[J]. 林木の育种, 186: 18-25. (Japanese)
- 冯宗炜, 曹洪法, 周修萍, 等. 1999. 酸沉降对生态环境的影响及其生态恢复[M]. 北京: 中国环境科学出版社.
- 朱鹤健. 1985. 世界土壤地理[M]. 北京: 高等教育出版社.
- 吴中伦. 1983. 国外树种引种概论[M]. 北京: 科学出版社.
- 南京林产工业学院林学系编译. 1973. 国外林业科技资料(水杉专辑)[M]. 南京: 南京林产工业学院.
- 胡兆谦. 1979. 水杉的一生[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社.
- 斋藤清明. 1995. 水杉[M]. 大坂: 中央公社论. [Japanese]
- 傅立国. 1991. 中国植物红皮书——稀有濒危植物(第一卷)[M]. 北京: 科学出版社.
- 谢孝福. 1994. 植物引种学[M]. 北京: 科学出版社.
- 潘志刚, 游应天. 1994. 中国主要外来树种引种栽培[M]. 北京: 北京科学技术出版社.
- Ando M, Nakane I, Kawanabe S. 1991. Studies on the growth of planted stands in Kyoto University Forest in Ashiu. III. History of tree introduction into Ashiu and the growth of several planted exotic tree species [J]. *Kyoto Daigaku Nogaku-Bu Enshurin Hokoku*, (63): 101-117. [Japanese]
- Barron E, Buades A. 2002. Contributions to the leaf epidermis study of the extant species of the Taxodiaceae family (Coniferales, Coniferophyta) [J]. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural Sección Biológica*. 97 (1/4): 5-18. [Spanish]
- Bojarczuk T, Boratynski A. 1984. Dendrological notes from the Korean Democratic People's Republic [J]. *Arboretum Kornickie*, (29): 171-186. [Polish]
- Buffi R. 1987. Juvenile growth of various tree species in the Copera afforestation trial [J]. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 138(2): 139-153. [German]
- Bugala W. 1984. *Metasequoia glyptostroboides*-35 years in cultivation at the Kornik Arboretum [J]. *Arboretum Kornickie*, (28): 101-112. [Polish]
- Bulygin NE, Lovelius NV, Firsov GA. 1989. Response of *Metasequoia glyptostroboides* in Leningrad to changes in temperature and moisture regime [J]. *Botanicheskii Zhurnal*, (749): 1 323-1 328. [Russian]
- Bushitinov AD. 1997. The introduction foreground on *Sequoia sempervirens*, *Sequoiadendron giganteum* and *Metasequoia glyptostroboides* [J]. *Russian J For*, (5): 37-38. [Russian]
- Delkov N, Yurukov S, Stoyanov P. 1987. Results to date on the introduction of *Metasequoia glyptostroboides* in Bulgaria [J]. *Gorskostopanska Nauka*, 24(3): 33-42. [Bulgarian]
- Elsersek L, Hocevar M, Jurc D. 1984. Propagation of spruce and *Metasequoia glyptostroboides* by cuttings [J]. *Gozdarski Vestnik*, 42(3): 100-107. [Slovenian]
- Em H. 1972. *Metasequoia glyptostroboides* and its growth in the Skopje basin [J]. *Godisen Zbornik na Zemjodjelsko-Sumarškiot Fakultet na Univerzitetot Skopje Sumarstvo*, (24): 5-15. [Macedonian]
- Farjon A, Page CN, Conifers. 1999. Conifers, Status Survey and Conservation Action Plan [M]. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. (IUCN)
- Flint HL. 1983. Landscape Plants for Eastern North America [M]. John Wiley & Sons, Inc. 344-345.
- Fulling EH. 1976. *Metasequoia* and living-fossil [J]. An initial thirty-year (1941-1970) annotated and indexed bibliography with an historical introduction [J]. *Botanical Review*, 42 (3): 215-315.
- Goudzwaard L, Schmid P. 1992. Growth and form of *Metasequoia glyptostroboides* (water-cypress) in the Netherlands [J]. *Nederlands Bosbouw tijdschrift*, 64(6): 219-215. [Dutch]
- Harris AS. 1973. Dawn Redwood in Alaska [J]. *J For*, 71 (4): 228.
- Haupthoff W. 1998. The dawn redwood as grown in Germany [J]. *Afz/Der Wald, Allgemeine Forst Zeitschrift für Waldwirtschaft und Umweltvorsorge*, 53 (25): 1 521-1 523. [German]
- Hendricks DR, Sondergaard P. 1998. *Metasequoia glyptostroboides* 50 years out of China. Observations from the United States and Denmark [J]. *Dansk Dendrologisk Årsskrift*, (16): 6-24.
- IUCN. 1994. Draft IUCN Red List Categories [M]. IUCN, Gland, Switzerland.
- Jurkovic M, Jurkovic Bevilacqua B. 1996. Introduction and acclimatization of exotic woody plants-coniferous trees in parks of Zagreb [J]. *Sumarski List*, 120(7/8): 327-334. [Croatian]
- Kalyan Charabarti, Azam Zaidi. 1997. *Metasequoia glyptostroboides* (living fossil tree) [J]. *Indian Forester*, 123(3): 264-265.
- Kuser JE, Sheely DL, Hendricks DR. 1997. Genetic variation in two *ex-situ* collections of the rare *Metasequoia glyptostroboides* (Cupressaceae) [J]. *Silvae Genetica*, 46(5): 258-264.
- Lee OkHa, Lee KyongJae. 1999. Optimal planting spacing on the basis of the growth condition of landscape trees [J]. *Korean Journal of Environment & Ecology*, 13(1): 34-48. [Korean]
- Leibundgut H. 1978. A note on the Chinese or primeval redwood (*Metasequoia glyptostroboides*) [J]. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 129(6): 497-498. [German]
- Liao C Y, Podrazsky V. 2000. Individual tree growth analysis for Dawn Redwood introduced in the Czech Republic [J]. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 31(1): 65-79. 9.
- Luo WX (罗伟祥), He ZX (何振祥). 1995. Survey of the Chinese woody species in Eastwoodhill Arboretum of Newland (新西兰东木山树木园引种中国树种的观察) [J]. *J Plant*

- Res Environ*(植物资源与环境),4(2):7-12.
- Ma JS, Sun H, Cao W. 1999. The notes on the collectors and authors as well as location names related to the Dawn Redwood, *Metasequoia glyptostroboides*, after it's been discovered almost sixty years from central China (1941-2000) [J]. *Journal of Botany*, 9(2):143-147.
- Madsen K. 1999. *Metasequoia* after fifty years [J]. *Arnoldia* (Boston), 58/59.
- Mulligan BO. 1980. Notes on some rare conifers in the University of Washington Arboretum, Seattle [M]. Yearbook, International Dendrology Society, UK, 1979, London, UK, 34-40.
- Murray KW. 2001. *Metasequoia glyptostroboides* plant named 'Golden Dawn' [J]. *United States Plant*, 24, 11, 848.
- Nelson EC. 1998. *Metasequoia glyptostroboides*, the dawn redwood, Some Irish glosses on its discovery and introduction into cultivation [J]. *Curtis's Botanical Magazine*, 15(1):77-80.
- Pokorny J. 1970/1971. Vegetative propagation of *Metasequoia glyptostroboides* [J]. *Sbornik Vedeckeho Lesnickeho Ustavu Vysoke Skoly Zemedelske V Praze*, (13/14):35-46. [Czech]
- Polman JE, Michon SG L, Militz H, et al. 1999. The wood of *Metasequoia glyptostroboides* (Hu et Cheng) of Dutch origin [J]. *Holz Als Roh-und Werkstoff*, 57(3):215-221.
- Tokar F. 1986. Phenological observations on selected foreign conifers in the Mlynany Arboretum [J]. *Vedecke Prace Vysokumneho Ustavu Ovocnych a Okrasnych Drevin v Bojniciach*, (6):133-144. [Slovakian]
- Vazhov VI, Yaroslavtsev GD, Kuznetsov SI. 1988. Reaction of exotic conifers to the harsh winter of 1984/85 in the Ukraine [J]. *Byulleten' Glavnogo Botanicheskogo Sada*, (149):12-17. [Russian]
- Wang ZK(王忠魁). 1981. Chinese redwood endemic treasure tree species of China discovery and worldwide cultivation(中国固有珍宝树种——水杉发现始末及全球性引种) [J]. *Tunghai Univ Bull*(东海学报), (22):15-32.
- Wang XQ(王希群), Ma LY(马履一), Guo BX(郭保香). 2004a. History and research progress on the silviculture of *Metasequoia glyptostroboides* in China(中国水杉造林历史和造林技术研究进展) [J]. *J Northwest For Univ*(西北林学院学报), 19(2):82-88.
- Wang XQ(王希群), Ma LY(马履一), Guo BX(郭保香), et al. 2004b. The conservation of *Metasequoia glyptostroboides* and its current problems in China(水杉保护历程与存在的问题) [J]. *Biodiversity Science*(生物多样性), 12(3):377-385.
- Wang XQ(王希群), Ma LY(马履一), Tian H(田华), et al. 2005. Introduction on *Metasequoia glyptostroboides* Hu & Cheng in China(中国水杉引种研究) [J]. *Guihaia*(广西植物), 25(1):40-47.
- WCMC. 1994. Draft List of Temperate Trees [M]. IUCN, Gland, Switzerland.
- Williams CJ, Lepage BA, Vann DR, et al. 2003. T. Structure, allometry, and biomass of plantation *Metasequoia glyptostroboides* in Japan [J]. *Forest Ecology & Management*, 180(1/3):287-301.
- Yaroslavtsev GD. 1988. Cultivation of sequoias in the south of the USSR [J]. *Sbornik Nauchnykh Trudov-Gosudarstvennyy Nikitskii Botanicheskii Sad*. (106):55-63. [Russian]

(上接第 299 页 Continue from page 299)

- Acid Research*, 17:1 869-1 885.
- Huang YJ(黄渊基). 1996. New varieties of pear——Jinqiu Pear(梨树新品种——金秋梨) [J]. *J Fruit Sci*(果树科学), 13(1):62-64.
- Huang HW(黄宏文), Gong JJ(龚俊杰), Wang SM(王圣梅). 2000. Genetic diversity in the genus *Actinidia*(猕猴桃属植物的遗传多样性) [J]. *Chinese Biodiversity*(生物多样性), 8(1):1-12.
- Ingle J, Sinclair. 1972. Ribosomal RNA genes and plant development [J]. *Nature*, 235:30-3.
- Lu JH(吕金海), Wu XJ(伍贤进). 2002. The activity of two enzymes in young fruit and young leaf of Jinqiu Pear and Xingao Pear(金秋梨和新高梨二种酶活性比较研究) [J]. *Chin Agri Sci Bull*(中国农学通报), 180:26-28.
- Li LL(李林林), Huang HW(黄宏文). 2002. PCR-RFLP analysis on mitochondrial DNA of *Actinidia*(猕猴桃属植物线粒体 DNA 片段 PCR-RFLP 研究初报) [J]. *J Wuhan Bot Res*(武汉植物学研究), 20(2):153-156.
- Li JZ(李健仔), Li SG(李思光), Luo YP(罗玉萍), et al. 2003. DNA extracted from dried leaf of *Actinidia* and PCR-RFLP reaction to chloroplast DNA(猕猴桃干叶 DNA 的提取及叶绿体基因 PCR-RFLP 反应) [J]. *Biotechnology*(生物技术), 6:10-11.
- Shao YC(邵耀椿), Yang XF(杨晓锋), Ding HD(丁海东), et al. 2003. Study on cytochrome oxidase isoenzymes by introducing laser radiated DNA into tomato(激光辐照 DNA 导入番茄细胞色素氧化酶的研究) [J]. *Applied Laser*(应用激光), 23(4):223-226.
- Sambrook J, Fritsh EF, Manitis T. 1989. Molecular Cloning. A laboratory manual [M]. 2nd ed. Cold Spring Harbour Laboratory Press.
- Xiao SY(萧顺元), Zhang WC(章文才). 1995. Study on the application of RFLP markers in assessing *Citrus genetdiversity*(RFLP 在柑桔遗传多样性研究上的应用) [J]. *J Fruit Sci*(果树科学), 12(1):1-4.
- Xu LL(徐玲玲), Fang L(方亮), Liao L(廖亮), et al. 2002. Nature mutant train-RAPD analysis of esterase isozyme of *Dayalongcha*(猕猴桃属植物的遗传多样性) [J]. *J Tea Sci*(茶叶科学), 22(1):87-89.
- Zang HY(张和禹), Wu JX(吴家喜), Zhao ZL(赵正龙), et al. 2002. Peroxidase isozyme and RAPD analyses of ion implantation into mulberry(桑树注入 N+ 离子后过氧化物同工酶及 RAPD 分析) [J]. *Acta Sericologia Sin*(蚕业科学), 28(1):14-18.