

Dryland



旱地生态经济树种

抗性选择及综合利用技术引进研究

Research on Resistibility Selection and Utilization Technology of
Eco-economic Tree in Dryland Region

■ 余新晓 有祥亮 陈吉虎 等/著

中国林业出版社

主 编 余新晓

副主编 王小平 陈吉虎 有祥亮 陈吉虎

旱地生态经济树种

抗性选择及综合利用技术引进研究

Research on Resistibility Selection and Utilization Technology of
Eco-economic Tree in Dryland Region

■ 余新晓 有祥亮 陈吉虎 等/著

图 书 在 册 编 目 (CIP) 数 据

旱地生态经济树种抗性选择及综合利用技术引进研究 / 余新晓等著. — 北京: 中国林业出版社, 2007.2

ISBN 978-7-5038-4621-2

I. 旱… II. 余… III. 旱地生态经济树种—抗性选择—引进技术—研究—中国

IV. 2320.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第068021号

出 版: 中国林业出版社(100009 北京市西城区德胜门内大街57号)

网 址: www.cflp.com.cn

E-mail: cflp@public.bta.net.cn 电话: (010) 66184477

行 销: 中国林业出版社

编 辑: 北京林业出版社

定 价: 2007年2月第1版

定 价: 2007年2月第1版

本 册: 889mm × 1194mm 1/16

张 数: 20.72

字 数: 202千字

定 价: 66.00元

中国林业出版社

主要著者

余新晓 有祥亮 陈吉虎 王小平

牛健植 鲁绍伟 范志平

图书在版编目(CIP)数据

旱地生态经济树种抗性选择及综合利用技术引进研究/余新晓等著.
—北京:中国林业出版社,2007.5

ISBN 978-7-5038-4621-2

I. 旱… II. 余… III. 引进树种-抗性(育种)-研究-中国
IV. S790.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 068051 号

出版:中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同7号)

网 址: www.cfph.com.cn

E-mail: cfphz@public.bta.net.cn 电话 (010)66184477

发行:中国林业出版社

印刷:北京地质印刷厂

版次:2007年5月第1版

印次:2007年5月第1次

开本:889mm×1194mm 1/16

印张:20.75

字数:505千字

定 价 66.00 元

水是人类最宝贵的资源，但地球上的淡水资源却又极其有限，而且分布很不均匀，随着生产的发展和人口的持续增加，水资源的供需矛盾正变得越来越突出。联合国水问题大会提出“石油危机之后的下一个危机便是水”，“如不及时采取行动，一场空前的水危机将会在全球范围内爆发”。地球上干旱、半干旱地区的面积占陆地总面积的三分之一以上，干旱是一个世界性问题，也是人类面临的第一个生态问题。我国是一个水资源贫乏的国家，人均水资源占有量仅有 2900m^3 ，低于世界平均水平 $1/4$ ，并且分布和组合很不合理，南多北少，在耕地和人口占全国总量的 45% 和 38% 的北方 15 省(区)，水资源仅占全国的 9.7%，农业用水量巨大，并且存在着严重的浪费现象。我国华北、西北、内蒙古和青藏高原绝大部分地区属于干旱、半干旱地区，约占全国土地面积的 45%。这些地区水分的严重亏缺是影响植物分布、生长和作物产量最为主要的因素。由于干旱缺水和人为不合理的掠夺式开发增加了我国造林绿化的难度，使得我国森林覆盖率只有世界平均水平的 61.5%，人均森林面积和蓄积量只有世界人均水平的 $1/4$ 和 $1/6$ 左右，并且存在着森林资源总量不足、分布不均、质量偏低等问题。由于地被裸露、缺乏林木植被覆盖，尤其在干旱瘠薄的低山丘陵地区，造成了严重的水土流失，使我国成为世界上水土流失和荒漠化严重的国家之一：水土流失面积仍占国土面积的 37% 左右，荒漠化土地占国土总面积的 27.9%，沙化土地占国土总面积的 18.2%。生态环境问题已经成为制约我国经济可持续发展的最重要的因素之一，而森林是生态环境建设的主体，在维护生态平衡中起着重要的作用，所以加大生态建设工程实施的力度，增加我国的植被覆盖率已经刻不容缓。在大气候、大环境无法改变的前提下，要根据适地适树的造林原则，选择一些耐干旱瘠薄、经济价值高的旱地生态经济型树种植树造林，绿化荒山，增加植被的覆盖率，起到保持水土，涵养水源，调节河川径流，减免水涝旱灾害的作用，最终改善生态生产条件，为我国经济建设服务。

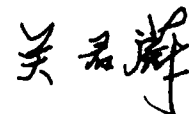
但从我国生态建设工程实施的主要地区(干旱、半干旱地区)来看，植物资源还是相当贫乏，具有生态、经济、社会效益的植物资

源极为缺乏。适度引进国外优良植物种质资源，尤其是旱地生态经济型植物资源，不断地充实和加强植物资源基因库，丰富植物品种的生态多样性、遗传多样性和种质优异性是一项十分重要的工作。因此，引进、繁育和综合利用国外优良植物种质资源已成为我国生态环境工程建设以及经济开发的当务之急。

本书紧紧围绕干旱、半干旱地区生态环境工程建设对优良植物资源的迫切需要，在对具有重要生态、经济、社会效益的优良植物资源栓皮槭和银叶槭引种试验研究的基础上，通过大量翔实、科学、合理的试验数据，论述了栓皮槭和银叶槭在我国引种的适应性、繁殖和综合利用技术，筛选出适合我国干旱半、干旱地区推广应用的生态经济型优良种源，对今后的生态环境工程建设具有重要的促进作用。

本书构思新颖，资料丰富，论述系统、全面，研究手段先进、独特，观点鲜明，有前瞻性，是一本颇有参考价值的专业书籍，可供植物、农业、林业、草业、水保、生态、环境等方面科研、生产、管理人员及有关大专院校师生参考使用。

中国工程院院士



2007年3月18日

我国六大林业重点工程的实施，不仅是对我国林业建设工程的系统整合，也是对林业生产力的一次战略性调整。六大工程建成后，我国生态面貌将有根本性改观，到 2010 年时，将初步建成乔灌木搭配、点线面相协调、带网片结合，具有多种功能与用途的森林生态网络和林业两大体系框架，重点地区的生态环境将得到明显改善，与国民经济发展和人民生活改善要求相适应的木材及林产品生产能力将基本形成。

植被建设是生态工程的重要组成部分，是实现环境与发展相统一的关键和纽带，在实现国家可持续发展战略中具有不可替代的作用。但从我国生态建设工程实施的主要地区（干旱、半干旱地区）来看，植物资源还是极为贫乏，尤其是具有生态、经济、社会效益的植物资源还相当缺乏。通过植物引种手段，丰富当地植物种质资源，是一种多快好省的科学途径。适度引进国外优良植物种质资源，不断地充实和加强植物资源基因库，丰富植物品种的生态多样性、遗传多样性和种质优异性是一项十分重要的工作。引进优良植物资源，并加强繁育开发已成为我国生态环境工程建设以及经济开发的当务之急。

国家“948”项目“旱地生态经济型树种抗性选择与综合利用技术引进”以为生态环境建设提供所需的优良植物资源为目标，引进国外优良植物资源栓皮槭和银叶槭表现优异的种源，进行抗逆性选择试验、综合利用技术引进消化试验、优良种源繁殖试验等一系列试验研究，取得了丰硕的研究成果。本书就是在此基础上整理而成。全书共分十三章。第一章，较为全面、系统地阐述了国内外主要的植物引种驯化理论，树木引种区划的概况，槭树和椴树繁殖理论和技术，槭树和椴树次生代谢的研究，综述了植物抗旱研究进展、存在的问题与不足，对其研究趋势进行了展望。第二章，介绍了该项研究的目标、内容、试验设计、研究方法与技术路线。第三章，分析欧洲栓皮槭和银叶槭早我国的引种适应性，并详细阐述了在我国引种适宜区和不适宜区。第四章，阐述了欧洲栓皮槭和银叶槭在引种地表现出的生长发育规律。第五章，探讨了银叶槭种子休眠原因；

总结出解除银叶椴种子休眠的技术；阐述了催芽试验期间种子内源激素的动态变化规律。第六章，探讨欧洲栓皮槭和银叶椴嫩枝扦插繁殖方法，总结出两个树种嫩枝扦插配套技术。第七章，从叶片黄酮类物质、绿原酸含量和动态变化以及叶片挥发油化学成分的种类和含量方面，探讨栓皮槭和银叶椴综合利用技术。第八章，根据叶片的解剖结构和保水力这两个指标来综合判断各树种叶片的抗旱保水能力。第九章，分析水分胁迫对各树种生长性状的影响。第十章，从叶片光合、蒸腾速率、气孔导度、叶绿体色素含量等方面，探讨水分胁迫下两个树种不同种源光合作用的特征。第十一章，对栓皮槭和银叶椴根系还原力、根系体积、活跃吸收面积、活跃比表面积等进行比较，探讨干旱胁迫对根系各生理指标的影响。第十二章，分析和探讨水分胁迫对酶活性、内渗透调节物质含量、膜透性和过氧化产物的影响，阐述水分胁迫下生理生化指标的相关性。第十三章，在形态、解剖和生理生化特性分析的基础上，对两个树种不同种源苗木抗旱能力进行综合评价。

本书的写作过程中，课题组成员通力合作，进行了大量的资料整理和分析工作。感谢中国工程院院士关君蔚先生为本书作序。在项目研究过程中，得到国家林业局科学技术司、北京林业大学、北京市园林绿化局等单位的大力支持。考虑到全书的系统性，书中参阅了大量参考文献，借此机会向这些文献的作者表示衷心的感谢！中国林业出版社为本书的出版给予了大力的支持，编辑人员为此付出了辛勤的劳动，在此表示诚挚的谢意！

对书中某些问题与不足，恳切希望同仁批评指正。

余新晓
2007年3月16日

序
前言

1. 研究现状与发展趋势	(1)
1.1 植物引种驯化理论及引种区划概况	(1)
1.2 槭树和椴树繁殖理论和技术	(8)
1.3 槭树和椴树次生代谢的研究	(24)
1.4 植物抗旱性研究	(42)
2 研究材料与方法	(55)
2.1 技术路线	(55)
2.2 试验设计	(55)
2.3 研究方法	(63)
3 欧洲栓皮槭和银叶椴引种适应性分析	(82)
3.1 形态学特性	(82)
3.2 栓皮槭和银叶椴引种气候生态适生区划分	(83)
3.3 物候表现与越冬力	(129)
3.4 小结	(134)
4 欧洲栓皮槭和银叶椴生长发育规律	(146)
4.1 高生长	(146)
4.2 生物量	(150)
4.3 根系分布	(152)
4.4 小结	(155)
5 银叶椴种子休眠规律与解除技术	(157)
5.1 银叶椴种子休眠原因	(157)
5.2 解除银叶椴种子休眠的技术	(163)
5.3 催芽试验期间种子内源激素的动态变化	(167)

5.4 小结	(169)
6 欧洲栓皮槭和银叶槭嫩枝扦插繁殖技术	(172)
6.1 栓皮槭和银叶槭促根配方筛选	(172)
6.2 栓皮槭和银叶槭嫩枝扦插相关因子筛选优化	(179)
6.3 栓皮槭嫩枝插穗内源 IAA、ABA 的动态变化	(189)
6.4 小结	(192)
7 欧洲栓皮槭和银叶槭经济价值分析	(195)
7.1 黄酮类物质	(195)
7.2 栓皮槭绿原酸变化规律	(205)
7.3 银叶槭叶片挥发油	(208)
7.4 小结	(215)
8 叶片解剖结构及与保水力之间的相关分析	(218)
8.1 叶片解剖结构	(218)
8.2 叶片的保水力	(220)
8.3 叶片解剖结构与叶片保水力之间的相关分析	(222)
8.4 叶片抗旱保水能力的综合评价	(223)
8.5 小结	(224)
9 水分胁迫对各树种生长性状的影响分析	(225)
9.1 苗木存活率与胁迫症状	(225)
9.2 水分胁迫对苗高的影响	(225)
9.3 水分胁迫对生物量累积及分配的影响	(229)
9.4 水分胁迫对苗木叶片性状及水分分配的影响	(231)
9.5 小结	(233)
10 光合作用的特征分析	(234)
10.1 水分胁迫下各树种单叶片对光强的响应	(234)
10.2 水分胁迫下各树种光合速率的变化	(238)
10.3 水分胁迫下各树种气孔导度的变化	(241)
10.4 水分胁迫下各树种蒸腾速率的变化	(243)
10.5 水分胁迫下各树种水分利用效率的变化	(245)
10.6 环境因子对光合、蒸腾速率的影响	(247)
10.7 水分胁迫对叶绿体色素含量的影响	(251)
10.8 小结	(256)

11 根系生理指标的特征分析	(257)
11.1 水分胁迫对根系体积的影响	(257)
11.2 水分胁迫对根系活力的影响	(257)
11.3 水分胁迫对根系吸收面积的影响	(258)
11.4 水分胁迫下根系冗余现象的分析	(258)
11.5 不同水分条件下银叶椴根系的分形特征	(260)
11.6 小结	(263)
12 生理生化指标变化规律的特征分析	(264)
12.1 水分胁迫对酶活性的影响	(264)
12.2 水分胁迫对内渗透调节物质含量的影响	(269)
12.3 水分胁迫对膜透性和过氧化产物的影响	(275)
12.4 水分胁迫下生理生化指标的相关分析	(279)
12.5 小结	(283)
13 苗木抗旱能力的综合评价	(284)
13.1 对各树种抗旱能力的初步评价	(284)
13.2 苗木抗旱能力综合评价指标体系	(285)
13.3 苗木抗旱能力的综合分析评价	(287)
13.4 小结	(295)
参考文献	(296)

1 研究现状与发展趋势

1.1 植物引种驯化理论及引种区划概况

植物引种驯化理论是引种区划的基础及先导，只有在合适的理论指导下，采用合理的区划方法，才能对植物在某一地区的适生区域进行正确研究，引种时才会减少盲目性，避免造成很大的经济损失。因此，为了对我国栓皮槭和银叶槭的适生区域进行合理区划，下面将植物引种驯化的主要理论及引种区划方法进行简要介绍。

1.1.1 植物引种驯化概念

植物引种驯化(Introduction and acclimatization)是一个庞大的理论与实践课题。在距今约 7000 年前，人类就从野生植物中不断地寻求利用和驯化可食用的经济植物。至今，世界各国在植物引种驯化的实际工作方面业已取得很多重大成就。然而，在理论研究方面，尽管已经积累了许多有价值的研究实验资料，并获得了不少重要的科学结论，但是，总体而言，引种驯化的理论研究还是显得比较零碎，不够系统全面，进展也较为迟缓。对于引种驯化的概念，不同的作者所持有的见解和所下的定义也不尽相同(朱慧芬等，2003)。

达尔文(1963)认为植物引种驯化是植物本身适应了新的环境条件和改变对生存条件要求的结果，选择则是人类驯化活动的基础。陈俊愉(1966)的定义为，植物的引种驯化，或称风土驯化，就是通过人类的培育，使野生的植物成为栽培的植物，使外地的植物变为本地的植物的措施和过程。细分起来，引种是变野生为家生，使外地栽培成本地栽培的手段；驯化则是指其整个过程而言。廖馥荪(1966)的定义为，植物的引种驯化指的是用有重要经济价值或其他用途的植物来充实和丰富栽培植物区系的工作，它可以通过由野生变家生和由外地栽培变本地栽培两种办法来达到，是人类为了某种目的而利用和改造植物有机体的活动。然而，从植物本身而言，它是有机体在人类活动(合理的干预)的影响下发展和改变其对新生存条件要求的适应过程。刘胜祥(1994)的定义为，资源植物的引种驯化是通过人工栽培、自然选择和人工选择，使野生植物、外地或国外的植物适应本地自然环境和栽培条件，成为能满足生产需要的本地植物。引种与驯化既有区别又有联系，是一个过程的两个不同阶段。将野生植物移入人工栽培条件下种植或将一种植物从一个地区移种到另一地区叫引种，引种是将植物向新的生长环境的定向迁移。驯化则通过人工措施使引入的植物适应新的生活条件。而程金水(2000)则把引种驯化定义为将野生或栽培植物的种子或营养体从其自然分布区域或栽培区域引入到新的地区栽培。并且根据引种驯化过程的简单与否将其分为简单引种和驯化引种，如果引入地区与原产地自然条件差异不大或引入观赏植物本身适应范围较广，或只需要采取简单的措施即能适应新环境，并能生长发育，达到预期观赏效果

的即为简单引种；如果引入地区自然条件和原分布区自然条件差异较大，或引入物本身适应范围较窄，只有通过其遗传性改变才能适应新环境或必需采用相应的农业措施，使其产生新的生理适应性的方式为驯化引种。

通常引种驯化都可以分为3个部分来讨论，即属于原义的引种、归化和驯化。原义的引种是指往新地区定向迁移植物；归化和驯化都是植物对新环境条件的适应过程，但它们在实质上是两个完全不同的概念(朱慧芬等，2003)。

廖馥荪(1966)结合迈尔(Mayr H.)的观点，从遗传学的角度解释“归化”和“驯化”这两个术语。从逻辑上讲，对于引种植物在新生存条件下的培育而言，有两条可能的途径。其一是在新的栽培地点直接引种来的生态型，在当地一般情况下或者只需补加某些农业措施，植物就可以顺利地生长发育；其二是在新的情况下破坏原来的、不适应于新环境的生态型，并在该基础上形成新的、符合引种地点营养条件的生态型。这两条途径大体上符合于“归化”和“驯化”这两个术语。因此，归化应当理解为被引种的植物通过显示和发展其自身在自然或栽培分布区中就已经潜在的可能因素来对新环境中生存条件的自动适应。驯化则是人类对植物本性的主动改造过程，它可以在植物的系统发育中和个体发育中完成，植物最后产生适应新环境自然历史条件的新特性和新性状。

1.1.2 国内外主要的植物引种驯化理论

植物引种驯化以进化论、遗传学和生态学为理论基础，其他学科如植物学、植物区系学、植物地理学、植物生理学、进化学说、古气候学、植物栽培学、遗传学、育种学等多个学科的发展对植物引种驯化的理论研究也起着推动作用。植物引种的历史与人们对植物引种驯化论点的产生和发展有密切的关系。植物引种驯化的历史虽然悠久，但长期以来一直处于实践多而理论少的状态，由于没有一个比较正确的理论作为指导，植物的引种工作不少都是在盲目地或是单凭经验地进行，因此蒙受了惨痛的失败。直到达尔文学说及随后的气候相似论的提出才打破了这种混乱的局面，接着米丘林提出了关于植物引种驯化的理论和方法，将植物引种驯化理论提到一个较高的层次，随后又陆续地有植物地理学差率法、专属引种法、生态历史分析法等等方法的提出(朱慧芬等，2003)。至今已经提出的植物引种驯化理论至少有20多种，以下将对主要的理论做一简单介绍。

1.1.2.1 迈依尔(H. Mayr)的气候相似论

气候相似论是20世纪初德国慕尼黑大学著名林学家迈依尔提出，这一理论全面系统地阐述于《欧洲外地园林树木》(1906)和《在自然历史基础上的森林栽培》(1909)两部著作中。他认为木本树种引种成功的最大可能性要看原产地气候条件是否与引入地区的气候条件相似，他曾对北美、日本和中国的森林进行研究，并对外来树种进行长期定位观察，以温度作为主要指标，并以代表温度条件的群落典型指示植物命名，将北半球划分为并行的林带，即棕榈带、月桂带、板栗带、山毛榉带、冷杉带及极寒带，这些地区之间，不论在地理上相距多远，都存在着引种成功的最大可能，但又严格限制木本植物引种的活动范围，如超过该地区范围，则驯化较艰难。

气候相似论的实质是引种地区的气候和土壤条件是否接近于原产地。只有相似的

气候、土壤条件,才有引种成功的可能。气候相似论的提出,引导着人们从植物地理学、植物生态学的角度去研究植物引种,对纠正当时人们盲目引种具有一定的指导意义,在指导选择引种对象与确定适宜的引种地区起到了很大的作用,所以至今仍被广泛应用。

气候相似论的不足之处是只强调温度条件,而忽视气候是一个综合的因素;其次它只强调遗传的保守性而没有看到遗传的可塑性,低估了利用树木的可塑性来驯化和改造树木的能力(刘忠华,2004)。

1.1.2.2 米丘林学说

米丘林的引种驯化理论是建立在达尔文的进化论观点之上的,因而得到了创造性的发展,并把植物引种驯化事业推向了一个新的发展阶段。这个理论的基础是有机体与环境是矛盾的统一体,通过改变环境和遗传育种两条途径能够改造植物的本性,创造新的类型,以满足人类的需要。这一理论的提出,米丘林主要是依据他在果树园艺方面的引种驯化经验,所创造的一套研究方法和他所揭示的一系列规律,对于各类植物的引种驯化工作都具有普遍的理论指导意义。例如,他确定的实生苗法、斯巴达式锻炼法、定向培育法、逐级驯化法、亲本选择法、远缘杂交法(包括营养体接近法、混合花粉授粉法、媒介法、杂种培育法及蒙导法)等都是我们现在还在应用的方法。对于植物驯化的定义,米丘林始终认为,驯化必须与改造植物的本性联系在一起。同时,米丘林提出的有关植物引种驯化的许多观点,至今在我们的工作中仍是重要的参考(朱慧芬等,2003)。

1.1.2.3 生态历史分析法

前苏联植物学家库里奇亚索夫(M. B. Кулбмuacob)于1953年提出植物引种驯化的“生态历史分析法”(张日清,2001),这是原苏联总植物园在试验了3000多种植物后总结出来的。该理论认为,一些植物的现代分布区是地质史上冰川运动时被迫形成的,并不一定是它们的最适生长区,有时把它们引种到另一些地方后,有可能生长发育得更好些。例如,天山蓝花苜蓿(*Medicago tianschanica*),现分布于天山干旱地区,属旱生性植物,但当它被原苏联的总植物园引种到湿生地区后,生长得更好一些,产量亦成倍提高了。这说明此种植物历史上原本是湿生性的,是后来受到环境所迫而迁移到现在的分布区的。所以,当它被引回到最初的生境后,生长发育又恢复到原来的水平。据此,库里奇亚索夫指出,引种时应以被引对象的植物区系为总体单位,通过分析植物区系中植物成分的起源,来揭示这些成分的生态历史本质,并以此作为确定引种地区和制定栽培技术措施的依据,使引种工作取得良好效果。生态历史分析法对自然区系植物的引种具有较大的实用价值。随着古植物学、古地质学和植物地理学的发展,该理论在植物引种中的应用前景将更加广阔。

美国林木遗传育种学家怀特(Wright)在1976年也曾指出,单型属或少型属种在引种中具有重要的地位,它们大多属于古老树种,没有严重的病虫害,如我国的银杏、水杉、金钱松、杜仲等,引种到国外数十个国家后均表现良好。这些树种在地质时代原分布很广,具有很强的适应潜力。所以,引种时应充分考虑一种植物的发生历史,以充分发挥其不同地区的生产潜力(胡建忠,2002)。

1.1.2.4 栽培植物起源中心说

从19世纪中期开始便有许多学者对栽培植物起源中心这一问题颇感兴趣并进行了研究。近代植物地理学创始人汉姆波特(Humboldt)可能是有记载的最早提出这一问题的人。这位德国科学家在1807年谈及一些农作物和果树时说,关于它们的原产地和起始栽培年代仍然是个谜。德·坎道尔(De Candolle)在其《栽培植物考源》(1882)中指出,栽培植物各有其起源的地方,但是一个物种最丰富的地区不一定是该物种的起源中心。他经过研究后认为,中国、西南亚和埃及、热带亚洲这3个地区可能是植物最早被驯化的地点。达尔文亦在前人的基础上进行过研究,认为虽然绝大多数栽培植物的来源无从考证,但它们都毫无疑问地在选择条件下发生了大的变化。奥地利遗传学家孟德尔(Gregor Johann Mendel)则从纯遗传学的角度断言,栽培植物是在野生状态下由于杂交和选择而演化来的(浙江农业大学,1979)。

前苏联植物地理学家瓦维洛夫(H. N. Babulob)等人集所有前人研究之大成,经过将近10年、足迹遍及60多个国家的考察,于1935年将世界栽培植物起源中心分为8个大区和3个亚区,即中国、印度、中亚、近东、地中海、埃塞俄比亚、墨西哥、中美和南美8个大区,印度—马来西亚、智利、巴西—巴拉圭3个亚区(张日清等,2001)。瓦维洛夫提出的引种驯化的“植物地理学差率法”,主张把世界上的植物收集到同一生态条件下进行栽培试验,供选种、育种和引种使用。此法对引种没有指导意义,只对了解植物进化规律有所帮助。1956年,达林顿(Darlington)参照他人的意见,将世界栽培植物起源中心划分为9个区和6个亚区。1970年,茹可夫斯基(Л. И. Жуковский)将瓦维洛夫的分区法修改为12个中心,增加了澳大利亚、非洲(含埃塞俄比亚)、欧洲西伯利亚和北美。1975年,泽文(Zeven)和茹可夫斯基合作编著了《栽培植物及其演变中心辞典》,总结了世界各国学者对栽培植物起源的观点,并按12个起源中心,列出了167科2297种栽培植物和野生近缘种的拉丁名称。总之,关于栽培植物起源中心的学说,对引种工作选择种源和确定适宜的引种地具有很大的参考价值(潘志刚等,1994)。

1.1.2.5 专属引种法和优势种法

前苏联植物学家鲁萨诺夫1950年提出专属引种法和优势种法。专属引种法是以植物分类学上的“属”为总体单位,尽可能全面收集该属不同地理起源的一切种类,通过在同样条件下繁殖、栽培、管理,观察它们的生长、适应性及变异情况,对各类植物进行生物生态学及经济性状的比较研究,在此基础上,开展种、属发育史研究和种间或类型间的杂交育种,从中选育出有价值的优良种类。优势种引种法是依据自然群落中的优势种,具有竞争力强、遗传可塑性大,容易引种成功的特点而提出来的。

1.1.2.6 生态因子综合分析法

植物引种仅局限于气候显然过于简化,必须对引种地区生态因子进行综合分析。在充分考虑温度、降水指标的前提下,还应注重土壤等立地条件,把环境条件扩大为地理生态条件,并应高度重视植物的生物学特性和适宜性,最后通过严格的对比试验,才能正确地选择引种植物。

巴西高尔法里(Golfari)于1978年根据气候、植被类型、海拔、温度、降水及季节

分布、干旱程度、霜害等因子将巴西划分为 26 个生物气候区, 根据多年试验列举出每个区应发展的植物。

1.1.2.7 吴中伦的引种驯化理论

吴中伦在我国第一部树木引种专著《国外树种引种概论》(1983) 中提出: 树木引种具有树木实验生态的作用, 各种植物局限于各自的自然分布区, 引种就是用人造的传播克服植物包括树木在传播上的障碍距离。对树木的引种, 强调先要分析树种的适生条件(气候、土壤、地形), 然后确定种类和引种范围, 并要对每一个引进树种的种源加以选择, 再通过选育和栽培技术来克服引种的困难。

1.1.2.8 陈俊愉的引种驯化经验总结

陈俊愉于 1966 年提出了“直播育苗, 循序渐进, 顺应自然, 改造本性”的引种驯化经验总结。即对引进的植物在适当保护的基础上加以锻炼, 在适应自然的前提下改造植物本身, 而且提出在两地生态因子差异很多时要抓主导因子, 并尽可能辅之以次要因子(陈俊愉, 1966)。

1.1.2.9 俞德浚的农艺生态学分类法

俞德浚为适应育种的需要, 在 1978 年提出了用植物分类成果为植物育种服务的农艺生态学分类法。主张建立一个种内多样性的农艺生态学分类系统, 将这一系统内的各类型同时分到不同地区播种, 研究它们在不同地区的生长表现, 据此确定生态和地理群, 然后在地理群中选定种的变种, 变种下再分基因类型, 作为引种育种材料(俞德浚等, 1983)。

1.1.2.10 贺善安的生境因子分析法

生境因子分析法是根据世界上一大批重要的栽培植物, 如咖啡、可可、橡胶树、柑桔、油橄榄等提出的, 其主要观点是: 生境因子“相似”通常有利, 但并非一定有利, “不相似”往往不利, 但并非一定不利, “不相似”中也可能包含“更有利”。生境因子分析法的基本原理是: ①栽培作物由于许多特性已发生变化, 对生境的要求与其原始种产生差异, 不能再把起源中心的原生境作为该植物的最适生境, 因此, 分析原生境时, 先把各生境因子划分为适宜因子、非适宜因子、可适应因子三类, 在此分析基础上, 对新生境因子进行比较。②各生境因子具有相对独立性, 但是相互联系, 对植物的作用又是综合的, 进行分析各因子对植物作用时应分开来。③充分重视栽培条件的作用, 栽培措施在一定程度上可改变生境条件以满足植物需要(贺善安等, 1984)。

1.1.2.11 其他

鲁萨诺夫还针对树种的竞争问题提出了引种驯化的“优势种法”。其理论依据是, 植物的优势种在自然界生存竞争中, 竞争力强, 遗传可塑性大, 容易引种成功。

1920~1928 年间, 美国生态学家克莱门兹(Clements)提出了“平行指示植物法(植物测量法)”。该理论认为, 植物的指示作用可以代表某些特定的气候条件, 在具有相同指示植物的地方引种容易取得成功。实践证明, 这一方法比较适合防护树种的引种驯化工作。

前苏联植物学家库尔米里琴根据前苏联尼基塔植物园多年的经验, 于 1956 年提出

引种“区系发生法”。该法建立在区系成分及其形成历史研究的基础上,认为那些在起源上有亲缘关系和某些共性的区系之间的植物容易引种成功。

20 世纪 70 年代,国外还出现过一些其他的引种驯化理论,如农业气候法(小气候法)、过去引种经验统计分析法、果树引种嫁接法、改变生存条件使之适合植物本性的引种法和比较研究引种植物古代自然分布区和现代引种区法,都从不同角度丰富了引种驯化理论(潘志刚,1994;张日清,2001)。

1.1.3 树木引种区划概况

1.1.3.1 树木引种区划的原则、意义

树木引种驯化是树木改良的重要途径,既可以丰富本地的树种资源,提供价值高的可推广利用的优良树种,又可以充分发挥本地区的自然优势,从而达到改善人工林组成、提高木材产量、增加多种林副产品的供应,充分发挥森林多种效益的目的。而由于较长的世代周期和复杂的生态环境使树木引种的成败在很大程度上取决于决策的正确与否,适地适树是林业生产实践和引种区划应当遵循的一项基本原则,按照适地适树原则为具体的外来树种区划适宜的引种地区是引种决策的重要内容,也是一项重要的基础工作。所以,对引进树木的适生区域进行合理区划,对避免盲目决策造成巨大的经济损失具有重大的现实意义。

1.1.3.2 树木引种区划的依据

正确的决策来源于对决策信息的正确分析。树种与环境共处于相互联系和作用的生态系统,其中气候因素与树种的关系最为显著。按生态学的观点,树种在原产地生态和历史条件下形成的气候适应性是其对现实气候生态位的占有,引种地区的气候条件则是由多个气候因子的直积构成的多维气候空间(阎洪,1989)。根据气候相似论,木本树种引种成功的最大可能性要看原产地气候条件是否与引入地区的气候条件相似,因此,原产地与引入地区的气候条件的相似程度可以作为引种区划的依据。

引种气候区划的依据是树木的生存主要受气候条件制约,但并不排除土壤和其他生态因子对树木生长的影响。由于土壤分布和理化性质难以象气候条件那样作出定量的规律性描述,所以目前的文献主要是关于引进树木的气候生态适生区的研究,很少涉及对土壤适生区的研究。

1.1.3.3 树木引种区划的方法

传统的方法是凭经验和直觉依据气候条件从定性的角度对外来树种的引种地区进行区划,随着研究的深入,仅凭经验和直觉已难以揭示树种生物学特性与气候条件及土壤条件之间复杂的内在关系。近些年,传统的定性的区划方法已逐渐被更为科学的定量的区划方法即数学方法所取代。可用的数学方法有模糊聚类分析法、模糊贴近度分析法、灰色聚类分析法、灰色关联度分析法、模糊综合评判法及模糊相似优先比法等。

(1)模糊聚类分析法

模糊聚类分析法(袁嘉祖等,1988)主要是根据环境因子对树木的影响,用数学方法确定引种地的亲疏关系,按照亲疏程度进行分型划类,作出树木的合理布局;模糊

聚类分析法忽略了引种地与种源产地之间的联系,单纯进行引种地之间的分类,存在一定的弊端,区划结果不是太理想。

(2) 模糊贴近度分析法

比较两个模糊集的近似程度,对于连续的或求和项数太多时,可考虑贴近度的概念。贴近度分析法(贺仲雄,1983)的引入,在一定程度上弥补了距离和嫡的缺点,但是它只对于特殊类型的两模糊集才有效,对于一般类型的模糊集则不适用;而且贴近度的计算太粗糙,往往造成结果不太理想。

(3) 灰色聚类分析法及灰色关联度分析法

灰色聚类分析法及灰色关联度分析法以灰色系统理论(邓聚龙,1985)为指导,尽管在引种区划上应用的还不多,但它们反映了原产地和引种地之间的内在关系,是比较实用的方法。梁林峰等(1997)利用灰色关联度分析法对毛泡桐在山西省的气候适生区域进行了区划,其结果与模糊相似优先比法的结果完全一致,说明利用灰色关联度进行引种区划是可靠的。郭生桢等(1990)利用灰色聚类分析法及灰色关联度分析法对陕西省秦巴山区的西洋参气候适宜区域进行区划,两种区划方法的结果基本一致,而且基本符合种植的实际。

(4) 模糊综合评判法

模糊综合评判法是借助模糊关系原理,考虑了被评判事物的各个因子后,对事物作出总的评价。模糊综合评判根据原产地的气候状况考虑了树木的气候需求以及引进地各气候因子的综合情况,是一种较好的引种区划方法。袁嘉祖(1987)综合评判了河北省漳河和大东河两个地区的气候条件对毛白杨育苗的适应度,评判结果与实际情况基本相符。

(5) 模糊相似优先比法

模糊相似优先比法根据模糊数学原理,以引进地的生境条件与原产地的生境条件作比较,来确定适合的引种区域,在所有树木引种区划的数学方法中是较为合理的,目前应用较多。根据定义优先比采用的距离的不同,可分为海明距离相似优先比法和欧几里得距离相似优先比法等。袁嘉祖(1982)曾用海明距离相似优先比法分析了油橄榄在中国的引种区划,取得很好的结果,其计算结果与我国生产现状完全相符合,应用海明距离相似优先比法的不足之处是分析的数据多,计算繁琐,必须借助计算机才能完成。采用相对欧几里得相似优先比法计算起来相对简便,而且区划结果与海明距离相似优先比法比较一致。陈红星等(2000)利用相对欧几里得相似优先比法对日本甜柿在我国的气候生态适生区进行了初步分析,结果较为理想。

1.1.3.4 地理信息系统(GIS)在引种区划中的应用

由于科学技术的突飞猛进,计算机的应用领域日益广泛,为树木引种的研究与实践提供了有力的工具。借助数据库系统可以较好地解决引种中的以树适地的问题;而为特定树种选择适宜生长区域即以地适树的问题,可以借助地理信息系统(在计算机支持下对具有空间内涵的数字化地理信息的管理和分析系统),根据生态相似论的原理通过立地匹配的方法加以区划(潘志刚等,1994)。

目前,生物气候分析方法日渐成熟并在树木引种研究中得到广泛应用,当对特定树种的适生范围进行划分时,常根据气候匹配的原理,采用多元样条插值的方法,按