

额济纳绿洲 胡杨林研究

李俊清 卢琦 等著
褚建民 王艳

2. 119



科学出版社

www.sciencep.com

额济纳绿洲胡杨林研究

李俊清 卢琦 等 著
褚建民 王艳

科学技术部社会公益研究专项（2005DIB4J141）资助

科学出版社

北京

内 容 简 介

为了从理论上揭示额济纳绿洲退化原因和实践上恢复退化植被,自2000年开始,系统研究了额济纳绿洲群落生物多样性、胡杨生物学特征、胡杨和怪柳次生代谢物质分布及其与环境条件的关系。在此基础上,进行了干旱地区植被恢复技术的实践,取得了显著效果。

本书是一本研究专著,主要供生态学和林业领域的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

额济纳绿洲胡杨林研究/李俊清等著. —北京:科学出版社,2009

ISBN 978-7-03-026379-7

I. 额… II. ①李…②卢…③褚…④王 III. 绿洲-胡杨-研究-额济纳旗 IV. S792.119

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 006440 号

责任编辑:甄文全 / 责任校对:邹慧卿

责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

装 订 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年12月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009年12月第一次印刷 印张:12 1/4 插页:4

印数:1—1 200

字数:350 000

定价:50.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

胡杨 (*Populus euphratica* Oliv.) 是我国西北地区极干旱荒漠绿洲的生态关键种, 天然分布在河流沿岸, 是该区域唯一可建群的高大落叶乔木。因具有耐盐碱, 抗风沙, 抗大气干旱等特性, 其潜在的遗传多样性价值、生态作用和开发应用价值越来越引起人们的关注。本书以胡杨为主要研究对象, 同时结合干旱荒漠地区植被变化情况, 系统阐述荒漠绿洲生态退化机制和恢复的理论、退化的标准和指标体系, 以及生态系统恢复的管理等问题, 这也是近 20 多年来恢复生态学的前沿领域。

目前, 在我国干旱、甚至半干旱地区, 由于全球气候变暖、人口过多及不合理放牧, 使天然植被生物多样性减少、生产力下降、畜种退化。绿洲生态环境急剧恶化不仅给当地居民带来严重的威胁, 也成为风沙起源中心。在这种情况下研究干旱地区建群种生态特征, 评价退化状态和建立恢复管理措施, 对我国干旱荒漠区植被恢复和防止环境进一步恶化具有重要的学术价值和应用前景。

额济纳盆地是我国境内的主要分布区, 由于黑河断流, 造成该区胡杨种群面积缩小, 天然更新速度减慢, 甚至停滞, 种群出现明显的衰退现象。荒漠植被面积急剧缩小, 成为华北地区风沙的主要策源地。所以, 如何从理论上认识胡杨种群的生态特性, 研究适合当地植被特点的恢复措施, 减少风沙, 具有重要的实践价值和示范作用。

本书针对胡杨在各物候期的生物学特征, 及其对应的气象条件, 进行了相对完整、系统的研究。对不同的胡杨个体进行繁殖分配调查, 总结胡杨繁殖对策和生活史对策; 通过研究胡杨种子散布、种子命运及土壤种子库, 揭示胡杨种子萌发选择机制; 对胡杨根系分布特征、根蘖、根蘖芽及其不定根的形态和分布特征等, 进行了深入、细致地观察和研究, 探讨了胡杨无性繁殖能力与相关环境因子的关系, 以及萌蘖苗与胡杨群落特征的关系; 调查研究了额济纳绿洲胡杨种群和群落的更新、演替现状, 不同生境中胡杨的繁殖更新方式; 分析了胡杨体内酚类次生代谢物含量、分布以及对环境因子的响应, 探索酚类物质在极端干旱地区对植物适应性的作用; 最后分析了额济纳地区生态系统敏感性, 在对不同植物群落的研究的基础上, 建立了植被退化评价指标体系, 并针对不同退化程度的植被进行了恢复实践。

在本书成稿之际, 衷心感谢内蒙古额济纳旗林业局谭志刚、阿木古郎、锥金玉以及已故的李德平同志, 在研究工作中给予的大力支持和无私奉献; 感谢北京林业大学崔国发、廖荣苏、吕玉华和郑景明等老师, 在野外研究工作中的帮助; 更要感谢北京林业大学李佳同学, 在书稿编辑和整理过程中所付出的辛苦和努力。

书中凝聚了参加额济纳绿洲生态恢复课题研究工作所有科研人员的汗水和劳动。但是，由于时间、作者变动大以及水平有限，难免存在缺点和不足，敬请广大读者批评指正。

编 者

2009年10月于北京

目 录

前言

绪论	1
1 胡杨	1
2 胡杨的研究概况	3
3 额济纳绿洲胡杨现状	4
4 胡杨群落类型	4
参考文献	6
第 1 章 额济纳绿洲自然环境背景	7
1 自然地理条件	7
2 天然植被	11
3 动物资源	16
4 自然环境问题	16
参考文献	17
第 2 章 胡杨物候节律研究	18
1 材料与方法	18
2 结果与分析	21
3 讨论	36
参考文献	39
第 3 章 胡杨种群繁殖对策和生活史	41
1 材料与方法	42
2 胡杨种群的繁殖对策	44
3 胡杨种群的生活史对策	51
4 胡杨种群的生活史对策分析	53
参考文献	57
第 4 章 胡杨种子散布与萌发	60
1 种子散布	60
2 种子散布后存在状况及土壤种子库	67
3 胡杨种子寿命研究	70
4 种子萌发	72
5 胡杨种子萌发安全生境及其选择机制	80
参考文献	83
第 5 章 胡杨种群无性繁殖特性的研究	85
1 研究方法	85

2 结果与分析·····	86
3 胡杨无性繁殖特性·····	98
参考文献·····	102
第6章 胡杨群落繁殖更新与演替·····	104
1 胡杨林种群更新状况的调查·····	104
2 胡杨林更新与生物多样性·····	109
参考文献·····	114
第7章 酚类次生代谢物研究·····	116
1 植物酚类物质的研究状况·····	116
2 胡杨酚类物质含量和分布及其与土壤水分关系·····	124
3 不同群落中胡杨酚类物质分布及其与环境因子关系·····	129
4 胡杨叶中酚类物质的含量与虫害程度及土壤水分的关系·····	133
参考文献·····	138
第8章 额济纳绿洲生态系统敏感性研究·····	143
1 生态系统敏感性评价方法研究·····	143
2 额济纳旗沙漠化胁迫下植被敏感性·····	146
参考文献·····	167
第9章 额济纳绿洲植被退化指标体系及恢复研究·····	169
1 干旱半干旱地区生态系统退化的指标体系·····	169
2 植被退化指标体系·····	170
3 退化生态系统恢复研究·····	172
参考文献·····	188
附：图版	

绪 论

1 胡杨

1.1 分类和形态特征

胡杨 (*Populus euphratica* Oliv.), 别名胡桐, 因其叶形存在变异, 又称异叶杨, 蒙名: 图日爱-奥力亚苏, 属杨柳科 (Salicaceae) 杨属 (*Populus*), 起源于化石种变叶杨 (*P. norini* Chansy), 是该属中最古老、最原始的一种树木, 系上新世古地中海残遗物种, 属珍稀濒危树种。根据 1935 年在新疆库车千佛洞、甘肃敦煌铁匠沟发现的胡杨化石推断, 胡杨距今约有 300 万~600 万年的历史。法国植物分类学家葛·阿·奥利维尔 (G. A. Olivier) 于 1809 年发现并命名为胡杨 (丁托娅, 1995)。

胡杨存在着巨大的自然变异, 胡杨种的分类学还存在争议。国际杨树委员会认为, 胡杨派只有一个种, 即 *Populus euphratica* Oliv., 其他属于同物异名, 或不宜独立划分为种, 这些名称包括: *P. diversifolia* Schrenk, *P. ariana* Dode, *P. mauritanica*, *P. bonnetiana*, *P. litwinowiana* Dode, *P. glaucicomans*, *P. illicitana*, *P. pruinosa* Schrenk, *P. iliciifolia* Rouleau, *P. denhardtiorum* Dode。中国的杨树分类学家倾向于把胡杨派分为两个种, 即胡杨 (*P. euphratica* Oliv.) 和灰胡杨 (*P. pruinosa* Schrenk)。哈萨克斯坦和原苏联的杨树研究者则倾向于把胡杨派分为 3 个种, 即 *P. diversifolia* Schrenk、*P. pruinosa* Schrenk 和 *P. litwinowiana* Dode, 后者被认为是前两种胡杨的天然杂种 (王世绩, 1995)。

杨柳科被认为是起源于东亚区北部、早在白垩纪以前就已经分化形成的古老类群。胡杨组 (Sect. *Turanga* Bge.) 是杨属植物起源后在早期向西传播过程中, 伴随大陆漂移、气候变迁及植物适应过程中独立演化形成的耐干旱大陆性气候的次生类群 (丁托娅, 1995)。在北半球, 组成荒漠河岸林的主要乔木和灌木植物种类是杨属 (*Populus*) 与柳属 (*Salix*) 的一些植物。胡杨便是其中最典型的代表种类。胡杨不仅在形态和生理特征上有别于杨属的其他植物, 而且在生境、种群格局、繁殖、种间关系与演替等方面也具有独特性。作为绿洲河岸林中的高大落叶乔木, 胡杨是维护荒漠河岸林生态平衡的植物、动物和微生物有机组合的生态关键种 (key species)。以胡杨建群的绿洲河岸林是荒漠区域具有代表性的、十分重要的非地带性植被类型 (中国科学院中国植物志编委会, 1978), 对维系当地生态平衡具有不可替代的作用。因此, 胡杨是干旱区及荒漠绿洲生态建设中宝贵的种质资源。

胡杨因其耐高温和耐盐碱等特性而显著区别于其他杨树种类。1984 年, 胡杨被列为《中国濒危保护植物名录》的Ⅲ级濒危保护植物种之一。在联合国粮农组织 (FAO) 林木基因资源专家组于 1993 年 6 月召开的例会上, 胡杨被确定为全世界干旱和半干旱地区急需优先保护的林木基因资源。

胡杨作为干旱荒漠区域绿洲天然分布河岸林中唯一可建群的高大落叶乔木，是适应于荒漠区域极端环境条件下的产物，具有耐盐碱、抗风沙、抗大气干旱等许多特性。长期以来，尤其在胡杨种群日渐衰退、分布面积日趋减少的今天，胡杨其潜在的遗传多样性价值、科研价值、环境生态作用和开发应用价值越来越引起人们的关注。

1.2 地理分布

胡杨分布具有地域跨度大、不连续性和沿河两岸廊道状分布的特点。全球胡杨林面积约为 $6.48 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ，分布范围横跨欧、亚、非 3 个大陆，聚集在地中海周围至我国西北部和蒙古人民共和国干旱荒漠地带等 20 个国家，东西经向约覆盖 110° 、南北纬度跨越约 50° （图 0.1）；其垂直分布范围较广，主要集中在海拔 $800 \sim 1100 \text{ m}$ 的荒漠内陆河流沿岸冲积平原上，上限可达 2400 m （王世绩，1995）。

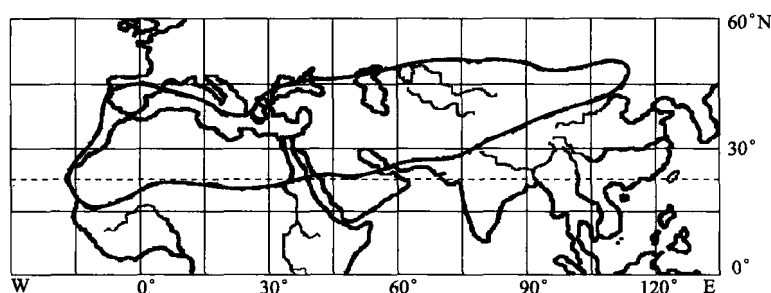


图 0.1 胡杨组分布示意图（仿丁托娅，1995）

我国现有胡杨林面积 $3.95 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ，占全球胡杨林总面积的 61% 以上，涉及西北地区的新疆、内蒙古、青海、甘肃和宁夏 5 个省（区）（表 0.1）。新疆维吾尔自治区塔里木河流域境内分布的胡杨林是目前全世界最大的天然胡杨林，面积约为 $3.60 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ，占我国现有胡杨林面积的 91.1%。从塔里木盆地向西延伸至哈萨克斯坦，以及几个中亚共和国，构成了当今胡杨林分布的中心地带。据 1978 年调查，天然胡杨林总面积为 $1.41 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ，是我国最大的一片胡杨林，占我国胡杨林面积的 37.28%，也是生长好、类型多、尚有较大面积未受人类干扰的原始天然林分。除塔里木河外，还有叶尔羌河、和田河、克里雅河、车尔臣河、孔雀河以及北疆准噶尔盆地的玛纳斯河、奎屯河和四棵树河等，沿河两岸形成廊道式胡杨林带，随着河流改道，远离河道的胡杨林逐渐衰老枯死，胡杨幼林伴随着新河道的形成而诞生。在新疆，胡杨林的垂直分布界线是海拔 $800 \sim 1100 \text{ m}$ 。其中，天山南坡上限 1300 m ，昆仑山上限 $2300 \sim 2400 \text{ m}$ ，罗布泊湖以下库鲁塔克山谷上限 2100 m 。内蒙古自治区境内的胡杨林面积约为 $2.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，占我国胡杨林面积的 5.1%，集中分布在西部额济纳绿洲的额济纳河谷地及其 19 条干、支流的河滩谷地，大部分为 15 年生以上的中龄林和成熟林，其中约 1/3 的林分为长势不佳的疏林。额济纳向东乌海市、临河市、包头市的达旗有零星分布。分布区内最适宜的自然成林环境是海拔 $800 \sim 1100 \text{ m}$ 的河流冲积平原。分布在甘肃疏勒河水系的胡杨，面

积约为 $1.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，占我国胡杨林面积的 3.8%，其中 133 hm^2 人工林。青海西部的柴达木盆地以西、昆仑山北麓、托拉海沿岸的河滩阶地和宁夏境内也有零星分布（王世绩，1995；刘钟龄等，2002）。

表 0.1 胡杨林在中国分布地点和面积

地点	新疆		内蒙古西部	甘肃西部	青海和宁夏	总计
	塔里木盆地	准噶尔盆地				
面积/ hm^2	352 200	8000	26 700	15 000	零星分布	395 200
比例/%	89.1	2	5.1	3.8	—	100

注：内蒙古西部胡杨分布面积，根据王世绩（1995）、李俊清（2000）和司建华等（2005）相关资料整理；其余引自王世绩（1995）。

由于胡杨分布区域的经济相对落后以及对胡杨林维持荒漠地区生态平衡的功能认识不足，胡杨林遭受严重破坏，面积锐减到不足建国前的 1/2（王世绩，1996）。

2 胡杨的研究概况

20 世纪 90 年代，王世绩所著的《胡杨林》一书是我国第一部全面反映胡杨生物学、生态学特性的专著，具有开创性的意义。近十年来，针对胡杨的研究越来越多，成果逐渐丰富，本文将从个体、种群、群落三个层次进行总结。

2.1 个体生态研究动态

陈亚宁（2003）对塔里木河下游干旱胁迫下的胡杨生理特点的分析发现，胡杨体内的脯氨酸和脱落酸含量与地下水位变化密切相关。随着地下水位的下降、水分胁迫程度增大胡杨体内脯氨酸和脱落酸含量呈现明显增加态势。

在胡杨抗盐机理研究方面，谷瑞生等（1999）从细胞学的角度解释了胡杨细胞在盐胁迫下不易发生质壁分离的原因。马焕成等（1996，1998）对盐胁迫下胡杨的研究后发现，胡杨对盐分不是简单的拒吸机制，胡杨的根细胞中能够形成大量富含氯离子的小液泡，根和茎能够吸收和储存较多的盐离子而减少其进入叶组织。

胡杨表现 4 种耐盐机制：①减少叶片的数量和面积；②叶柄肉质化（叶面积随盐胁迫的增加而减少）；③茎和叶片的斥盐性；④选择吸收 K^+ 和 Ca^{2+} 以抵抗盐离子的毒性，并保持膜的完整性（马焕成等，1996）。

胡杨虽然是抗盐植物，但这是针对成熟个体而言，盐分会抑制胡杨种子的萌发（刘建平，2004）。计巧灵等（2003）探讨了运用化学药品提高胡杨种子萌发率的方法。

2.2 种群研究动态

王让会和韦如意（2000）采用遥感与实地调查相结合的手段对塔里木河下游的胡杨种群进行了分析，结果表明，胡杨种群起源既有实生林，也有根蘖林；胡杨幼龄林、中

龄林、近熟林和成过熟林依次分布在高位河漫滩、现代冲积平原和古老冲积平原上。何志斌和赵文智（2003）运用地统计学的方法，对黑河下游的胡杨种群进行研究后发现，老龄和幼龄胡杨种群的空间异质性尺度较小，老龄胡杨群落的密度和高度明显低于幼龄胡杨。

2.3 群落研究动态

大多数研究是对胡杨群落进行一般性的生态学描述。胡杨林的群落垂直结构较为简单，一般只含有3层，群落水平结构的不郁闭性和林窗现象普遍。群落年龄结构老化，种群呈衰退趋势，影响胡杨生长的主要因素是地下水位、土壤水分和土壤盐分的变化（李志军等，2003；张武文和史生胜，2002；张立运等，1995；刘钟龄等，2002）。水分和盐分是胡杨自然更新的主要制约因素（艾合买提·那由甫等，2002）。

3 额济纳绿洲胡杨现状

“林随水生”是胡杨林自然分布区最大特点之一，胡杨林水分布的地貌景观为冲积、洪积平原，凡有胡杨生长的地段，大都临近水源，地下潜水位高，土壤在夏季能得到河流洪水浸润，或有引洪灌溉条件。因此，可以说河流是根本，河漫滩是摇篮，地下水是命脉，胡杨林源于河流而受制于河流。但在现实条件下，由于塔里木河与黑河上游对水资源的不合理利用，导致河流下游的长时期、大范围断流，使胡杨生境的地下水补给量锐减，造成胡杨种群面积缩小，天然更新速度减慢甚至停滞，出现明显的种群衰退现象。

由于黑河来水量减少，河道断流时间增长，地下水位下降，沿河植被失去水源，长势明显衰退，面积急剧减少。20世纪初到50年代末，额济纳绿洲生态系统处于相对稳定的状态；到90年代，植被总面积为 $2.67 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，与20~30年代相比，减少了 $3.33 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。绿洲的缩小必然包含着植被的衰退，森林覆盖率由20世纪60年代的18%下降到90年代的12%（李俊清，2000；司建华等，2005）。由于绿洲内生态环境恶化，特别是关系绿洲存亡的胡杨（*P. euphratica*）、怪柳（*Tamarix* spp.）和梭梭（*Haloxylon ammodendron*）等建群种形成的荒漠植被分布面积急剧缩小，衰退现象十分严重。胡杨林病虫害严重，林龄老化，退化严重（黄培佑，1991；李俊清，2000）。

4 胡杨群落类型

根据地形和群落学特征，可将额济纳绿洲胡杨群落分为以下四个类型（表0.2）：

表 0.2 额济纳绿洲胡杨群落特征表

因子		林 型			
		河漫滩胡杨林	阶地胡杨+柽柳林	沙地荒漠化胡杨疏林	戈壁胡杨+柽柳+沙枣林
地形地势		支河道滩地、 丘间平地	平地、半固定沙丘、 低洼地	沙地、半固定沙丘	平地
立木因子	树种组成	10 胡	6 胡、4 柽	10 胡	4 胡、5 柽、1 沙
	郁闭度	0.6	0.4	0.3	0.5
	年龄/年	18	14	25	20
	母树	株数	73	77	131
		胸径/cm	45.4	54.6	39.4
		树高/m	9.1	9.5	9.1
	面积/m ²	10754	17061.3	12560	1800
更新	活地被物	苦豆子、甘草、 芦苇	骆驼蓬、黑果枸杞、 甘草、芦苇、苦豆子	苦豆子、甘草	苦豆子、白刺、 麻黄、苦菜
	株数	156	699	207	625
	等级	中	良	差	良
	总苗量/%	0.27	0.35	0.06	0.33
土壤	pH	8.68	8.67	9.13	8.86
	有机质/(g/kg)	4.91	20.38	1.67	2.36

(1) 河漫滩胡杨林 (*Ass. Populus euphratica*) (图版ⅣD)。该类型主要分布于河成阶地、河漫滩、农田边缘等。由于胡杨的庇荫，柽柳得不到充足的阳光而衰退，从而形成胡杨异龄纯林。草本植物有甘草、芦苇等。林木生长较好，林相较整齐，病虫害较轻，郁闭度 0.4~0.8。林内及林缘偶见萌蘖更新苗的出现。

(2) 阶地胡杨 + 柽柳林 (*Ass. Populus euphratica* + *Tamaris elongata*) (图版ⅣB)。该类型是胡杨中较稳定而分布广的林型，主要分布于古河道两侧或古河床及河成阶地上。林内植被有柽柳、苦豆子、甘草、芦苇、枸杞、骆驼蓬等。部分林内地表有盐结皮。林木生长一般，林相不整齐、多枯梢，郁闭度 0.3~0.5，无萌蘖更新苗出现。

(3) 沙地荒漠化胡杨疏林 (*Ass. Populus euphratica*) (图版ⅣC)。该类型主要分布于干河道及沙漠边缘以及丘陵低地，呈小片状或零星分布，由于水分缺乏，胡杨生长不良，灌木及草类也较少，草本植物有苦豆子、甘草等。地表沙化或形成盐结皮，林木生长较差，林相残败，立木多枯顶、树干中空，郁闭度 0.2~0.4，病虫害相对严重。

(4) 戈壁胡杨 + 柽柳 + 沙枣林 (*Ass. Populus euphratica* + *Tamaris elongata* + *Elaeagnus angustifolia*)。该类型林分是人工林，位于阿拉善荒漠植被保护与合理利用试验示范区，是纳林河防风固沙林带。在额济纳旗达来呼布镇西侧 2km 处，以乡土树种沙枣、胡杨和柽柳等乔灌木为主，同时引进适于荒漠戈壁条件生长的植物种。林木生长优劣并存，草本植物有苦豆子 (图版ⅣE)、白刺 (图版ⅣF)、苦菜等。郁闭度 0.4~

0.6, 存活率 62 %。

草本层多为根茎类草本植物。河岸阶地上, 以耐盐碱草本为主。主要有甘草、苦豆子、骆驼蓬(图版IVG)、狭叶旋复花、芦苇、苦菜等, 平均盖度 15%。

参 考 文 献

- 艾合买提·那由甫, 李卫红, 徐海量. 2002. 塔河下游胡杨和红柳自然恢复的土壤条件初步研究. 新疆环境保护, 24 (4): 6-10
- 陈亚宁. 2003. 塔里木河的水资源利用与生态保护. 地理学报, 58 (2): 215-222
- 丁托娅. 1995. 世界杨柳科植物的起源、分化和地理分布. 云南植物研究, 17 (3): 277-290
- 谷瑞生, 蒋湘宁, 郭仲琛. 1999. 胡杨细胞和组织结构与其耐盐性关系的研究. 植物学报, 41: 576-579
- 何志斌, 赵文智. 2003. 黑河下游荒漠河岸林典型样带植被空间异质性. 冰川冻土, 25: 591-596
- 黄培佑. 1991. 荒漠河岸胡杨林的生活周期对生境水条件的动态适应的研究. 新疆环境保护, 13 (2): 5-10
- 计巧灵, 黄培佑, 孟东恒. 2003. 提高胡杨种子萌发率初探. 种子, 5: 7-8
- 李俊清. 2000. 西北地区植被恢复与重建. 北京林业大学学报, 22 (4): 1-7
- 李志军, 刘建平, 于军等. 2003. 胡杨、灰叶胡杨生物生态学特性调查. 西北植物学报, 23: 1292-1296
- 刘建平, 李志军, 何良荣等. 2004. 胡杨、灰叶胡杨种子萌发期抗盐性的研究. 林业科学, 40 (2): 165-169
- 刘钟龄, 朱宗元, 郝敦元. 2002. 黑河流域地域系统的下游绿洲带资源——环境安全. 自然资源学报, 17 (3): 286-293
- 马焕成, 冯衍枝, 王沙生. 1996. 胡杨抗盐机理初探. 北京林业大学学报, 5: 31-40
- 马焕成, 王沙生. 1998. 盐胁迫下胡杨的离子响应. 西南林学院学报, 18: 42-47
- 司建华, 冯起, 张小由. 2005. 黑河下游分水后的植被变化初步研究. 西北植物学报, 25 (4): 631-640
- 王让会, 韦如意. 2000. 干旱区内陆河流域荒漠河岸林变化研究. 北华大学学报(自然科学版), 1: 242-245
- 王世绩. 1995. 胡杨林. 北京: 中国环境科学出版社
- 王世绩. 1996. 全球胡杨林的现状及保护和恢复对策. 世界林业研究, 5: 37-44
- 张立运, 夏阳, 安尼瓦尔. 1995. 塔克拉玛干沙漠植被的生态学性质和持续发展. 干旱区研究, 12 (3): 26-33
- 张武文, 史生胜. 2002. 额济纳绿洲地下水动态与植被退化关系的研究. 冰川冻土, 24: 421-425
- 中国科学院中国植物志编委会. 1978. 中国植物志. 北京: 科学出版社, 20 (2): 76

第 1 章 额济纳绿洲自然环境背景

1 自然地理条件

内蒙古阿拉善盟额济纳旗地处祖国北部边疆，是阿拉善盟的最西端，东与阿拉善右旗接壤，南与甘肃省金塔县毗邻，西与甘肃省肃北蒙古族自治县相连，北与蒙古国交界，地理坐标为 $39^{\circ}52'20''\sim 42^{\circ}47'20''\text{N}$ ； $97^{\circ}10'23''\sim 103^{\circ}7'15''\text{E}$ ，总面积 $1.14\times 10^5\text{km}^2$ （图 1.1）。

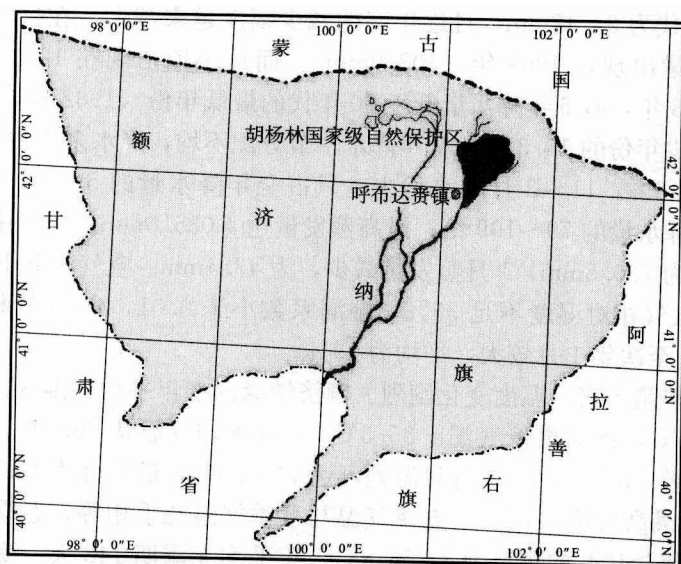


图 1.1 额济纳旗及胡杨林国家级自然保护区地理位置示意图

1.1 地形地貌

内蒙古西部受阿拉善弧形构造带的制约，处于马鬃山、龙首山和贺兰山构成的内蒙古高原的外缘山地，这些山地既是我国北方主要自然界线，也影响着很多自然要素呈东北—西南向的弧形分布。内蒙古高原西部是亚洲荒漠植物区的最东部，巴丹吉林沙漠、乌兰布和沙漠、腾格里沙漠和库布齐沙漠就分布于其中。

额济纳旗地势由西南向东北逐渐倾斜，四周高中间低，平均海拔 $900\sim 1\,600\text{m}$ 。在漫长的地质年代里，由于受地质构造和内外应力的控制，特别是外应力长期的风水侵蚀作用和堆积作用，形成了额济纳地区复杂的地貌结构。按其地貌形态和物质组成，主要地貌有洪积平原和风力沉积的半固定、固定沙丘和戈壁，其中戈壁面积 $607\,752.15\text{hm}^2$ ，

占该旗总面积的 5.93%；沙漠面积为 1 555 360.81hm²，占总面积的 15.17%；低山丘陵面积为 4 830 521.57hm²，占总面积的 47.15%；而天然林和湖滩草场只有 342 666.67hm²，占总面积的 27.57%。总之，额济纳旗地处我国西北沙漠戈壁的腹地，自然条件十分恶劣。

1.2 气候

额济纳绿洲属于温带荒漠大陆性气候，冬季、春季受西伯利亚-蒙古冷高压控制，夏季、秋季为东南季风所影响，冬季严寒，夏季酷热，主要有以下特征（表 1.1）：

气候干旱，雨量稀少，分配不均。额济纳绿洲深居内陆，受东南湿润季风环流的影响极小。年平均降水量约 39.8mm，而且年际间降水变率大，一次降水量大于 10mm 者甚少。根据额济纳旗气象站 1954~2003 年（50 年）年降水量观测资料，额济纳地区年均降水量自 20 世纪 60 年代递减。按年代均值统计，60 年代为 39.36mm，70 年代为 36.70mm，80 年代为 23.48mm，且逐年度的减少幅度越来越大。在这 50 年的降水量中，年最大降水量出现在 1969 年（103.0mm），而最小值出现在 1983 年（7.0mm）。从 80 年代至 2003 年，有 6 年降水量低于 60 年代的最低年份（1962 年，17.6mm）。最多年降水量为最少年份的 13.3 倍。全年降水季节分配不均，降水多集中于 7~9 月，占全年降水量的 78.8%。11~3 月降水稀少，只占全年降水量的 5.1%。年平均蒸发量 3 537.0mm，是降水量的 79~109 倍；最高蒸发量达 4 035.0mm。一年中 5 月、6 月蒸发量最大，平均为 730.5mm。1 月蒸发量最少，为 43.4mm。空气十分干燥，绝对湿度 4.2mbar，年均大气相对湿度不足 35%，湿润系数小于 0.01，4~5 月相对湿度最小，平均为 25%，12 至次年 1 月较大，平均为 39%。

光照充足，热量丰富，温度变化剧烈。额济纳绿洲多年平均气温 8℃，多年平均极端最高气温 42.5℃，绝对最低气温 -35.3℃。7 月平均气温达 26.3℃，1 月平均气温 -12.0℃。年较差 34.6℃，7~9 月日温差可达 14~20℃，最大可达 43.1℃，平均日较差为 14~27℃，最高可达 43.8℃，春季气温与秋季气温几乎相等，春季气温陡升，秋季气温骤降，全年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温为 3 356.8℃。年平均无霜期 148 天。受全球气候变暖的影响，本地区近年气温持续上升，与 20 世纪 50 年代相比，90 年代以后，平均气温上升 0.3~0.8℃。研究区光热资源丰富，年均日照为 3 325~3 452h，5 月、6 月日照时数日均长达 11~13h，累年平均总辐射量太阳辐射总量为 $(6.50\sim 6.71)\times 10^5 \text{ J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{年})$ ，是仅次于西藏南部我国最高地区之一。

该区风沙频繁、旱风同季、风蚀强烈。全年平均风速 4.4m/s，以春季 3~5 月风速最大，平均在 4.8m/s。冬季平均风速 4m/s，历年最大瞬时风速为 31.0m/s，西北风盛行。多年平均（1970~2003 年）大风日数 52 天，扬沙日数 35.2 天，年平均沙尘暴日数 9.1 天，年最多沙尘暴日数 28 天。起沙风次数每年 200~250 次以上，主要集中于春季，因此 3~5 月是地表受侵蚀最严重的季节。全年 8 级以上大风日数平均 8 天。在严酷与极不稳定的大气条件下，再遭遇西伯利亚强冷空气南下所形成的强对流，可形成 8~12 级的风力。1993 年春季（4 月 20~23 日，5 月 5~6 日）和 1994 年春季（4 月 6 日）连续发生 3 次强沙尘暴，黄褐色的强沙尘暴由西北向东南席卷直下，袭击河西走廊

表 1.1 额济纳绿洲基本气象参数表

月份	降水相 对变率 /%	总辐射量 /(MJ/m ²)	光合有 效辐射 /(MJ/m ²)	平均日 照时数 /h	日平均 照百分 率/%	平均 气温 /℃	极端最 低气温 /℃	降水量 /mm	=0.1mm 降水日 数/d	降水 变率 /%	最长连续降水 日数及其量 /(d/mm)	最长连续 无降水 日数/d	平均相对 湿度/%	蒸发量 /mm
1	144	311.1	150.9	231.7	79	-11.9	-33.4	0.2	0.4	144	2/0.2	166	50	36.3
2	—	376	182.4	235.1	79	-7.3	-35.3	0.3	0.3	164	2/5.8	194	39	70.2
3	—	534.7	259.3	279	76	1.7	-21.7	0.7	0.5	132	2/2.4	225	29	190.7
4	137	678.7	329.2	304.2	76	10.9	-13.7	1	0.6	137	2/8.8	255	24	382.4
5	—	824.8	400	341.5	76	19.1	-5.1	4.2	1.3	129	3/8.5	285	22	559.9
6	—	771.6	374.2	342.2	75	24.5	4.3	5.2	2.7	90	3/45.7	198	27	624.3
7	64	746.9	362.3	336.8	73	26.4	10.3	11.8	4.3	64	4/28.0	159	34	609.9
8	—	677.4	328.5	328.2	77	24.4	5.5	8.5	3.8	64	4/9.1	57	35	555.1
9	—	582.8	282.7	305.6	82	17.4	-4.5	3.2	1.7	116	2/2.5	45	34	376
10	136	468.1	227	284.1	83	8.1	-12.9	2.2	0.8	136	2/9.9	74	35	224.2
11	—	317.8	154.1	237.2	81	-2.2	-27.3	0.5	0.4	162	3/4.5	104	40	99.4
12	—	273.4	132.6	223.1	79	-10.3	-35.2	0.1	0.2	171	2/0.7	135	49	41.2
全年	39.8	6563.2	3183.2	3448.4	78	8.4	-35.3	37.9	16.9	43	4/28.0	285	35	3769.6

注:引自马玉明,1999;数据测定时间为1954~2003年(50年)。

和宁夏平原北部的广大地区。沙尘暴中心的能见度为“零”，据与沙尘暴中心相距1200km（直线距离）的宁夏中卫县“沙坡头治沙站”观测，瞬时最大风速37.9m/s，降尘25.6mg/cm²。

1.3 土壤

额济纳绿洲及其周围土壤可分为11个土类、24个亚类和28个土属。在高含碳酸盐风化壳的基础上，由于自然条件和人为活动的综合影响，各种各样的成土过程塑造出这一带土质粗砺、有效土层薄、土体干燥、土壤可溶性盐类聚集表层、碳酸盐增加、有机质缺乏、有效成分不高、土壤生产能力低的荒漠化土壤类型。灰棕漠土是主体土壤类型，广泛分布于全旗境内的高平原和冲积平原。草甸土和潮土主要分布于额济纳河河谷阶地和封闭洼地；盐碱土主要分布于拐子湖、古日乃湖及东、西居延海等湖盆地周围；漠境盐土主要分布于北部高原封闭洼地；石质土、粗骨土、新积土主要分布于东西及南部的剥蚀残丘、残山和洪积山面；风沙土除巴丹吉林沙漠为代表外，在额济纳河西岸尚有带状分布；龟裂土面积很小，主要分布于高原或平原上的局部蝶形洼地。全旗土壤类型比较简单，母质组成比较粗，砾漠广布，土壤发育不完全，土层薄，土壤肥力低，植被稀少，土地利用价值较低。

1.4 水文

地表水资源主要有河流和湖泊两种形式。额济纳河是内蒙古西部阿拉善高原荒漠区少有的内流河，是胡杨林赖以生存的母亲河。境内流长168km，平均河宽250m。水量主要来源于祁连山冰雪融化水和黑河上中游春秋两季洪水下泄，70%以上集中在1~3月和7月、8月。由于额济纳旗境内不产生径流，因此其行水期长短、地表径流量大小主要取决于黑河上中游水量的自然变化及人为用水的多少。自1949年以来，额济纳河行水期缩短，入水量的年际变化总体上呈现出逐步下降的趋势，且在水量上和时间上都表现出明显受人为因素控制的特点（王根绪和程国栋，1998）。

境内平原上湖泊分布较少，水量也不大，但分布在绿洲区的内部或边缘的湖泊与胡杨林关系密切。较大的湖泊主要有被分别称为苏泊淖尔和嘎顺淖尔的东、西居延海以及巴丹吉林沙漠西缘和西北边缘的古日乃湖和拐子湖。古日乃湖、拐子湖等主要依靠地下水溢出补给；北部的居延海则主要靠河水补给。由于河水量逐年减少，河道断流，而终端湖泊干涸，大小湖泊竭泽，消失水域面积2527km²（陈建生等，2004）。

额济纳平原在地质构造上为构造盆地，盆地内巨厚的第四纪松散沉积物，构成了良好的贮水空间，为盆地内地下水的形成和贮藏提供了良好的条件。盆地中地下水的贮存与补排关系表现出典型的干旱区水文地质盆地特征：由于地形闭塞，地下水的补给来源主要有黑河水季节性的垂向渗漏补给（平均年补给量为 $1.93 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占补给总量的66.38%以上）（杨国宪等，2003），大气降水的入渗补给，相邻鼎新盆地的侧向径流补给，盆地东南部巴丹吉林沙漠潜水的侧向径流补给，外围基岩山区裂隙孔隙水及基岩裂隙水的侧向径流补给。地下水系统的排泄主要有：潜水的蒸发排泄、植被的蒸腾排泄及工农业生产和居民生活对地下水的开采。其中，蒸发蒸腾的