



新疆额尔齐斯河 天然杨柳林 生产力与碳密度研究

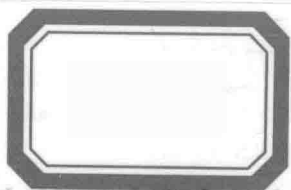
XINJIANG EERQISIHE
TIANRAN YANGLIULIN
SHENGCHANLI YU TANMIDU YANJIU

吴晓成 著



经济科学出版社
Economic Science Press





新疆额尔齐斯河天然杨柳林 生产力与碳密度研究

吴晓成 著

经济科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

新疆额尔齐斯河天然杨柳林生产力与碳密度研究/
吴晓成著. —北京: 经济科学出版社, 2015. 2
ISBN 978 - 7 - 5141 - 4297 - 6

I. ①新… II. ①吴… III. ①杨树 - 天然林 -
研究②柳属 - 天然林 - 研究 IV. ①S718. 54

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 031909 号

责任编辑: 袁 激
责任校对: 隗立娜
版式设计: 齐 杰
责任印制: 邱 天

新疆额尔齐斯河天然杨柳林生产力与碳密度研究

吴晓成 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http: //jjkxcs. tmall. com](http://jjkxcs.tmall.com)

北京万友印刷有限公司印装

880 × 1230 32 开 6. 25 印张 160000 字

2015 年 2 月第 1 版 2015 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 4297 - 6 定价: 28. 00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191502)

(版权所有 侵权必究 举报电话: 010 - 88191586)

电子邮箱: [dbts@ esp. com. cn](mailto:dbts@esp.com.cn))



作者简介

吴晓成，1979年生，汉族，内蒙古财经大学金融学院讲师，金融学院办公室主任。2009年毕业于内蒙古农业大学，获农学博士学位。2011年起，就职于内蒙古财经大学金融学院，主要从事保险学、农业保险、财产保险等课程的教学工作。研究领域：农业经济与保险。主要成果有：公开发表论文6篇，主持或参与各类课题6项，参编著作2部。

摘 要

本书以新疆阿勒泰地区额尔齐斯河北屯段天然分布的欧洲黑杨、苦杨、额河杂交杨、银白杨、银灰杨和白柳 6 种林分为研究对象,重点在主要树种的生长规律,6 种林分的生物量及分布规律,林分乔木层树种、林下灌木层、草本层及枯落物层含碳率的测定,林分碳密度及空间分布特征等方面进行了研究。

首先,采用标准地法与树干解析法,对样地内标准木进行树干解析,研究了额尔齐斯河天然林林木生长规律,研究表明:

额尔齐斯河天然杨柳林 6 种林木的生长基本上符合树木的一般生长规律。树高、胸径和材积的生长曲线为“S”形曲线,其中以材积最为典型。额尔齐斯河天然林 6 种林木的树高、胸径、材积生长并不同时进入生长高峰期,树高最早进入生长高峰期,年龄为 10 ~ 25a,之后是胸径,为 22 ~ 38a,最晚是材积,为 30 ~ 50a。额尔齐斯河天然林 6 种林分除了银白杨林以外,大部分接近正常生长林分的上限值 (0.5),表明各林分密度基本合理。

其次,采用标准地法和回归模型分析方法,研究了额尔齐斯河天然杨柳林 6 种林分的营养器官生物量分布规律,林分生物量在乔木层、灌木层、草本层和枯落物层垂直分布规律以及在河岸环境梯度上水平分布规律:

额尔齐斯河天然杨柳林欧洲黑杨、苦杨、额河杂交杨、银白杨、银灰杨和白柳 6 种林分生物量分别为: $175.303\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $145.018\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $143.224\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $188.400\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $152.889\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $148.134\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$; 乔木层生物量依次为: $160.416\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $128.978\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $131.979\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $178.575\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $148.478\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $141.362\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$; 灌木层生物量依次为: $10.875\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $11.243\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $7.164\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $5.618\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $0.448\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $4.319\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$; 草本层生物量依次为: $3.469\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $4.336\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $3.744\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $3.129\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $2.581\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $1.799\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$; 枯落物层生物量依次为: $0.543\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $0.461\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $0.337\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $1.078\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $1.382\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $0.654\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

额尔齐斯河天然杨柳林生物量在垂直层次分布均以乔木层生物量占林分生物量的绝对优势, 占林分总生物量的 $88.94\% \sim 97.71\%$; 灌木层生物量占林分总生物量的 $0.29\% \sim 7.75\%$; 而草本层生物量比重较小, 占林分总生物量的 $1.21\% \sim 2.99\%$; 枯落物层生物量最小, 仅占 $0.23\% \sim 0.90\%$, 呈“倒金字塔型”分布; 林分生物量随着垂直河岸方向的环境梯度变化呈一定的水平分布规律, 随着与河道距离的增加, 乔木层和灌木层生物量均呈“低—高—低”的单峰形式, 草本层生物量占林分生物量的比重逐渐减小, 呈显著的线性递减趋势, 表现出明显的水平分布特征。

建立了苦杨、额河杂交杨、银白杨和白柳 4 种树的单株生物量 (M) 和胸径 (D) 之间的幂函数回归方程 $M = aD^b$, 具有较高的拟合系数 ($0.884 \sim 0.984$)。

最后, 采用干烧法对 6 种林分各组分的含碳率进行了测定, 并结合林分生物量对林分碳密度进行了分析, 研究表明:

额尔齐斯河 6 种林分的乔木层各器官平均含碳率分别为欧洲黑

杨 0.4561, 苦杨 0.4598, 额河杂交杨 0.4585, 银白杨 0.4641, 银灰杨 0.4491, 白柳 0.4508。灌木层器官平均含碳率为 0.4570, 草本层平均含碳率为 0.3382, 枯落物层平均含碳率为 0.4165。

额尔齐斯河天然林欧洲黑杨、苦杨、额河杂交杨、银白杨、银灰杨、白柳 6 种林分乔木层的碳密度依次为: $74.6699\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $60.5297\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $61.2832\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $83.9391\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $67.4913\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $64.0599\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$; 灌木层碳密度依次为: $4.802\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $4.9606\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $3.1625\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $2.4825\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $0.1977\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $1.9058\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$; 草本层碳密度依次为: $1.1340\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $1.4317\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $1.2242\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $1.0346\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $0.8602\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $0.5932\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$; 枯落物层碳密度依次为: $0.2207\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $0.1874\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $0.1370\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $0.4382\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $0.5618\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $0.2659\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

本书研究了额尔齐斯河天然杨柳林林木生长规律、森林生物量 and 生产力特点、林分碳密度及其分布特征, 为保护与合理利用该地区的森林生物资源提供科学依据; 为评价额尔齐斯河天然杨柳林林木生长的立地适应性, 为选择植被恢复树种和配置合理结构提供依据, 而且对评价额尔齐斯河天然杨柳林林分的生长效应和生态效应具有重要参考价值。本书的研究填补了我国新疆额北部额尔齐斯河流域林木生长规律、森林生物量和碳密度的研究空白, 为我国新疆森林生态系统碳循环研究提供了部分基础研究数据。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的及意义	2
1.3 国内外研究现状	3
1.3.1 林木生长规律研究现状	3
1.3.2 林分直径结构研究现状	7
1.3.3 森林生物量和生产力研究现状	9
1.3.4 生物量模型研究现状	13
1.3.5 叶面积指数和比叶面积研究现状	15
1.3.6 森林植被碳储量研究现状	18
第 2 章 研究区概况及研究方法	24
2.1 研究区概况	24
2.1.1 额尔齐斯河概况	24
2.1.2 额尔齐斯河流域阿尔泰山自然概况	25
2.1.3 额尔齐斯河流域阿尔泰山山前平原概况	28
2.1.4 额尔齐斯河流域社会经济概况	29
2.1.5 额尔齐斯河河岸天然林植被的起源	30
2.1.6 额尔齐斯河河岸天然林的形成过程	32
2.1.7 额尔齐斯河河谷平原主要森林类型及特征	34

2.2 研究方法	38
2.2.1 生长规律的研究方法	38
2.2.2 生物量的研究方法	39
2.2.3 碳密度的研究方法	39
2.2.4 研究技术路线	40
第3章 额尔齐斯河天然杨柳林生长规律	41
3.1 样地设置与测算方法概述	42
3.1.1 标准地设置及调查	42
3.1.2 生长过程测算	47
3.1.3 林木直径分布	47
3.2 额尔齐斯河天然杨柳林生长规律与分布特征	48
3.2.1 额尔齐斯河天然杨柳林树高生长规律	54
3.2.2 额尔齐斯河天然杨柳林胸径生长规律	60
3.2.3 额尔齐斯河天然杨柳林材积生长规律	66
3.2.4 林木株数按径级分布特征	73
3.3 生长规律结论	77
第4章 额尔齐斯河天然杨柳林生物量及分布	80
4.1 生物量测定与模型建立	81
4.1.1 林分生物量的测定	81
4.1.2 单株营养器官生物量回归模型的建立	84
4.1.3 林分生物量分布特征的测定	85
4.1.4 叶面积指数的测量方法	85
4.2 生物量及其分布特征分析	86
4.2.1 林分营养器官生物量分布	86

4.2.2	灌木层和草本层生物量及分布	90
4.2.3	林下枯落物层生物量	95
4.2.4	林分根系生物量及分布特征	98
4.2.5	不同径阶单株生物量增长动态及分配	111
4.2.6	林分生物量分布特征	118
4.2.7	叶面积指数和比叶面积的研究	121
4.3	生物量及分布结论	134
第5章	额尔齐斯河天然杨柳林碳密度的研究	140
5.1	样品处理与计算方法	141
5.1.1	样品采集与处理	141
5.1.2	样品分析	142
5.1.3	林分平均含碳率的计算	143
5.1.4	林分碳密度的计算	143
5.1.5	变异系数的计算	144
5.2	碳密度分析与比较	144
5.2.1	各林分器官含碳率的比较	144
5.2.2	不同器官含碳率特征	146
5.2.3	林分平均含碳率特征	148
5.2.4	乔木层碳密度	151
5.2.5	灌木层碳密度	153
5.2.6	草本层碳密度	154
5.2.7	枯落物层碳密度	155
5.2.8	林分碳密度及其分布特征	156
5.3	碳密度结论	157

第6章 研究结论	161
6.1 额尔齐斯河天然杨柳林生长规律	161
6.2 额尔齐斯河天然杨柳林生物量分布特征	162
6.3 额尔齐斯河天然杨柳林碳密度分布特征	164
参考文献	167
后记	189

第 1 章

绪 论

1.1 研究背景

杨树通常作为杨柳科 (*Salicaceae*) 杨属 (*Populus*) 所有植物的统称, 广泛分布于北半球温带和寒带所有的森林中, 在我国亚热带、暖温带、中温带均有天然分布。杨属共分为五派, 即胡杨派 (*Turanga* Bge)、白杨派 (*Leuce* Duby)、黑杨派 (*Aigeiros* Duby)、青杨派 (*Tacamahaca* Spach) 和大叶杨派 (*Leucoides* Spach)。全球分布的杨树种类共有 100 多种, 而分布在我国境内的杨种种类就有 57 种之多^[1,2]。

额尔齐斯河发源于我国新疆北部阿尔泰山南坡, 流经阿勒泰地区, 出境流入哈萨克斯坦共和国, 后经俄罗斯注入北冰洋。额尔齐斯河是发源于我国境内的一条重要的国际性河流, 从纬度上看, 该流域的森林植被属于寒温带针叶林区。但是, 由于该流域又处于准格尔盆地西北部荒漠平原的干旱少雨的大气候背景下, 因此该流域的植被类型既具有山地寒温带针叶林的特征, 又具有干旱区河谷植

被的独特性，特别是该流域内发育的多种类杨柳天然林是我国乃至世界杨柳科植物的重要的天然基因库。额尔齐斯河流域现有杨树种类 8 种，柳树种类 30 余种，桦树种类 5 种，其他树种及灌木、草本约有 50 个科 380 余种^[3]。额尔齐斯河流域天然杨柳树基因库是人工基因库无法替代的，它为我国改良品种和培育新品种提供了丰富的种质资源，具有十分重要的科研价值和经济价值，在我国林业和生态建设中具有重大的战略意义。

1.2 研究目的及意义

森林生物量是评价森林植物群落生产力高低和潜在生产力大小的重要指标，也是森林生态学领域研究森林生态系统产量结构及其功能过程的定量依据。生物量是反映生态系统功能的重要指标，有重要的生态学意义，作为群落在生态系统中相对重要性的量度之一，对森林群落的生物量进行研究，可以揭示生态系统中能量平衡、能量流动和养分循环等功能过程的规律^[4]。生物量信息也是度量生态系统碳汇和碳素循环的关键数据。植物净第一生产力作为地表碳循环的重要组成部分，是植物自身生物学特性与外界环境因子相互作用的结果，是植物光合作用有机物质的净创造，作为表征陆地生态过程的关键参数，是理解地表碳循环过程不可或缺的部分，是估算地球支持能力和评价陆地生态系统可持续发展的一个重要生态指标。

河岸森林生态系统由于具有较高的生物生产力、生物多样性和控制水土流失、去除农业营养排放、减缓污染影响等多种生态功能，并作为鸟类与动物的栖息地而受到格外关注^[5]。额尔齐斯

河河岸以杨柳科树种为建群种的天然林,是新疆北部地区重要的水源涵养林、水土保持林和荒漠防护林,也是流域内农牧业及社会经济持续发展的基础^[3,6-9]。本书通过研究额尔齐斯河天然杨柳林主要树种生长规律,林分生物量和生产力,建立生物量估测模型,为制定科学管护机制,充分发挥其生态效益和经济效益提供依据,对森林资源可持续经营与管理具有良好的应用前景和重要的科学意义;通过测定额尔齐斯河天然杨柳林各林分不同组织含碳率,结合各林分生物量,对林分碳密度及其分布特征进行研究,以期为我国生态地理区域森林生态系统碳循环研究及森林生态系统碳汇功能研究提供部分基础研究数据,对于评价新疆额尔齐斯河森林碳汇功能具有重要的实用价值,为在全球气候变化背景下中国区域生态环境建设以及制定区域森林生态系统碳汇管理对策提供依据和参考。

1.3 国内外研究现状

1.3.1 林木生长规律研究现状

在林学中,把一定间隔期内树木各种调查因子所发生的变化称为生长,变化的量称为生长量。林木生长量更能直观地反映林木的生长规律,并可以通过对林木现实生长状况的研究来科学预估其资源动态和发展趋势,因此,研究林木生长量不仅对掌握其生长发育规律,而且对制定相应的抚育管理措施有重要的现实意义。树木生长主要取决于两个相反的方面,合成代谢(同化作

用)及分解代谢(异化作用)。合成代谢部分属于生长的正向成分,它与树木内禀增长潜力、光合作用、养分吸收及有机物积累等因素有关,结果使树木呈指数增长趋势。而分解代谢属生长的负向成分,表现在对生长的限制性,它主要受竞争、有限营养空间、呼吸、繁殖、外界干扰等外界因素和自我调节机制、年龄等内在因素影响。正是这些正向成分和负向成分的矛盾交互作用,使树木生长曲线呈现“S”形,这种“S”形曲线称为生长曲线。早在100多年前,萨克斯(Sacks, 1873)就用“S”形曲线来描述树木的生长过程^[15]。近年来,有关天然树种生长规律的研究报道有很多,如卢琦等^[10]对黄山松天然林与人工林的群落学对比分析表明天然林胸径生长量比人工林低0.47cm/a,树高连年生长量最高峰出现在第20a,比人工林晚5a,材积在第40a以后增长明显加快($>0.01\text{m}^3/\text{a}$),比人工林迟20a;曾凡地等^[11]对南酸枣天然及人工状态下的生长过程研究表明,南酸枣天然林胸径生长高峰期在15a生左右、树高生长高峰期15~20a生,材积生长高峰期在20a生左右,南酸枣人工林的胸径、树高生长峰值比天然林的出现时间早8~10a,峰值大;李淑芳等^[12]对长苞铁杉天然林生长规律的研究得出,长苞铁杉天然林生长缓慢,在22a时,胸径平均生长量达最大值。树高前8a生长较快,以后逐年下降;杨长职^[13]对福建青冈天然林生长规律进行了分析,选择合适的生长方程建立胸径、树高和材积生长模型;郭永玉^[14]通过在关帝山林区采用建立标准地,选取优势木,进行树干解析的方法,对不同立地条件下油松天然林的树高、胸径和材积的生长规律进行了分析研究;刘丽华^[15]对桦树天然林生长发育规律进行了研究;刘广路^[16]对天山云杉生长规律与天山植物群落生产力进行了研究。但是关于天然杨树生长规律的研究很少,王立明等^[98]利用34块

胡杨林标准地获得的林分数量及质量指标,对额济纳胡杨林的生长规律的研究结果表明,胡杨生长具有明显的阶段性;张胜邦等^[17]对天然分布于青海省柴达木盆地的胡杨生长规律进行了调查研究;玉米提·哈力克等^[18]分析了影响胡杨树高生长量的因素,并得出中龄胡杨树高生长量和地下水埋深的回归模型: $y = -0.1286x + 1.0097$;栾士波等^[217]对黑龙江东部林区的天然杨桦林生长规律的研究结果为:在不同立地条件下,杨桦林生长过程差异较大,但生长进程的规律大致相同,通过对各阶段的生长量比较,确定天然杨桦林的数量成熟年龄为 45 ~ 50a 等。国内有关杨树生长规律的研究多为人工培育杨树无性系的苗期生长规律的研究^[19-23]和人工林生长规律^[24,25],吴瑞云等^[26]对不同杨树新品系的生长量进行了方差分析,来确定杨树的选育方向;杨玉盛等^[27]采用树干解析的方法对不同栽植代数 29a 实生杉木生长过程进行了分析,结果表明杉木栽植代数越少,生长高峰出现越早,峰值越大,速生期持续时间越长;徐有明等^[28]采用标准地调查和树干解析方法对河南火炬松中龄林的生长量差异进行了分析,研究表明纬度对火炬松生长量影响较大;范辉华^[29]通过比较杉木纯林和混交林树高、胸径和材积生长的动态过程,采用树干解析法揭示了混交林对杉木生长的持续影响;方德年等^[30]采用树干解析的方法对水杉在黄山的生长适宜性进行了研究,结果表明水杉非常适合在黄山生长,其长势明显优于其他引种地;侯林等^[31]通过年高生长实测数据建立了美国黄松个体高生长量与树龄之间的回归方程,将该树种的生长进程划分为 3 个阶段;吴小龙^[32]通过将南酸枣和檫树解析木的形质指标、生长指标和生长过程的比较,发现南酸枣在树高年平均生长量和胸径生长量等方面明显优于檫树,表现出较大的生长能力和较快的生长速度。总之,对树木个

体生长进程的分析多沿用传统的树干解析的方法,分析树高、胸径和材积的动态变化过程,并对各测树因子进行预测,建立其生长的模型,以掌握树木个体生长的基本规律。

杨树作为一种速生用材树种,其个体生长受林农间作、密度、土壤、供水施肥等多种因素的影响和制约。林农间作能显著促进杨树的生长,尤其是树高和材积的生长^[33,34]。有关研究^[35-37]表明,不同密度对杨树高生长影响不大,对胸径生长和材积生长有一定影响,低密度明显促进胸径生长和材积生长。此外,谢宝东等^[38]认为坡度、土层厚度和土壤密度影响 I-69 杨胸径、树高和材积的生长。王葆芳等^[39]认为不同供水量对小美旱杨生长有一定影响。万强等^[40]认为施肥可明显提高大青杨的生长量,并认为大青杨在第 7a 左右时生长最快。马连祥等^[41]认为酸雨对 I-72 杨生长特性有较大影响,其胸径和地上部分生物量均显著减小。吴泽民等^[42]认为水淹状况明显影响 I-69 和 I-72 杨的直径生长。

树木生长进程基本符合“S”曲线,因此,一般将其生长进程划分为幼龄期、速生期和近、成熟期 3 个时期,也有叫作生长前期、速生期和生长后期,或者划分为生长前期、速生期 I、速生期 II 和生长后期 4 个时期^[43-46]。不同杨树品种的数量成熟期到来时间不同,一般介于 6~22a 之间^[47-50]。经营措施对数量成熟期的到来时间也有很大影响,例如,朱春全等^[51]认为集约经营有利于杨树数量成熟期提前到来;张锦春等^[52]对二白杨和新疆杨进行了研究,认为杨树胸径生长和材积生长具有后期速生性;苏雪辉等^[53]对 17 个杨树无性系的树高、胸径和材积的生长规律进行了研究,认为胸径和材积的速生高峰期类似。