

林带经营技术与理论基础

姜凤歧 主编



中国林业出版社

林带经营技术与理论基础

姜凤歧 主编

中国林业出版社

(京)新登字 033 号

林带经营技术与理论基础

姜凤歧 主编

中国林业出版社出版(北京西城区刘海胡同7号)

新华书店北京发行所发行 龙华印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 14.25 印张 插页 5 页 335 千字

1992 年 2 月第一版 1992 年 2 月第一次印刷

印数 1—1000 册 定价:11.50 元

ISBN7-5038-0901-9/S·0475

内容简介

本文集汇总了国家“七五”科技攻关专题《“三北”地区农田防护林永续利用和更新方式研究》的主要科研成果。内容围绕防护林的主要经营问题——林带结构调控、不合理配置林网体系改造和大面积农田防护林更新等，系统深入地研究了林带疏透度的测定新方法、变化规律及数学模型，以及结构调控技术体系、林带防护成熟、更新及其年龄的确定，应用航片绘制林网现状图，应用“大苗带土移植法”和“三大一深造林法”营造樟子松及非杨树树种林带、通过建模和效益观测对四种更新方式进行评价等重要林带经营技术及其理论问题。

本文集可供从事防护林、林业工程、国土整治等科研、教学和生产单位的工程技术人员参考。

序 言

“三北”防护林体系建设是我国 80 年代重大工程之一。工程包括西北、华北、东北地区从新疆到黑龙江 13 个省（市、自治区），总面积占全国总土地面积的 42%。自 1978 年已建设防护林体系 1.37 亿亩，保护农田、牧场 5 亿亩，森林覆被率由 5.5% 提高到 7.6%。作为林业生态工程的“三北”防护林以其资源性、可再生性、多效益等独具的特点在控制“三北”地区风沙干旱、水土流失等自然灾害，提高农牧业生产水平，缓解粮食、饲料、木材的供需矛盾，建立新的生态平衡等重大方向上发挥着愈来愈显著的作用。

农田防护林是农林业生态系统的基础，是“三北”防护林体系的骨干工程之一，它直接担负着保护数亿亩农田的艰巨任务。从工程整体而言，防护林建设主要包括三大环节，即规划设计、营造施工和经营管理。迄今为止，国内外对农田防护林的研究主要集中在前两个环节上，而对营造后的林带（网）的诸多经营问题研究较少，以致生产实践中或凭经验经营或照搬用材林管理方式，远不能满足农田防护林合理经营并达到永续利用的目标要求，为此，深入探讨防护林经营理论及其技术措施是当前我国，特别是“三北”地区防护林建设的当务之急。

中国科学院沈阳应用生态研究所主持承担的《“三北”地区农田防护林永续利用和更新方式的研究》专题为国家“七五”重点科技攻关项目（“三北”防护林营造技术）之一，其目的即为解决上述问题之关键。本文集囊括了该项专题研究三个方面：林带结构调控、不合理配置林网改造与大面积农田防护林更新等全部研究成果。通过 5 年的试验研究，成功地解决了农田防护林合理经营的主要技术措施及其理论基础。

该专题在充分掌握国内外农田防护林研究动态的基础上，利用农田防护林经营理论，采用区域性调查与定位观测、基点试验示范相结合的技术路线，以先进的测试手段提出了关于林带树木生长发育阶段、防护成熟、疏透度变化规律的数学模型、林带合理结构调控的技术体系、应用航片对林网现状进行测绘、分类及制图，从永续利用的观点客观全面地评价了不同更新方式，确定了合理的更新期等研究成果。这些主要成果不仅填补了防护林研究的空白，而且为农田防护林的科学经营提供了先进的实用技术。更难能可贵的是本成果已在辽、吉两省部分地区得以推广应用，效益显著。

绿色长城造福中华，造福人类；永续利用延益千秋，延益子孙。诚挚地祝愿辛勤为大地泼洒绿色的人们取得更大的成就。

王 战

1991 年 6 月 19 日

前言

农田防护林是“三北”防护林体系建设的主要工程，到1985年已营造逾千万亩。如何保证如此巨大的生物工程在漫长的生长发育过程中发挥最大的防护效益并达到永续利用的目标，系统深入地研究该林种合理经营的理论及相应的技术措施是解决问题的关键。正是出于这个目的，《“三北”地区农田防护林永续利用和更新方式的研究》专题在国家“七五”科技攻关项目中应运而生。本专题经充分酝酿和科学论证，于1986年6月正式通过专家评议并签定了合同，由中国科学院沈阳应用生态研究所主持，先后参加协作的单位有昌图县林业局及宝力镇林业站、农安县林业局及哈拉海苗圃、长春市林业工作站，参加工作人员总数达30人。

本专题包括如下三个方面的主要内容：

1. 农田防护林合理结构调控的研究；
2. 不合理配置林网体系改造的研究；
3. 大面积农田防护林的更新研究。

为了圆满完成本专题的上述任务，并力求研究成果的科学性、先进性和实用性，在研究过程始终坚持如下的技术路线：

1. 为了把握全局，在宏观总体上作到透明，在局部措施上又不失准确和可行。在研究地域上采取了三个尺度的相结合：即“三北”东部地区（吉林长春地区、辽宁昌图地区、内蒙古赤峰地区）多县的大尺度，重点试验乡（昌图宝力镇、农安前岗乡、柴岗乡、哈拉海镇）的中尺度与若干模式林带的小尺度的三结合；
2. 在研究方法上，我们采取了区域性考察与定位试验、示范和定点观测相结合；
3. 在研究手段上，我们以常规的经典方法为基础，充分利用现代先进仪器设备（如遥感卫片、图象处理、电子计算机等）解决关键性问题并突破难点；
4. 为了强化本项研究的实用性，我们注重科研与生产实践的紧密结合，将已成型的科研成果及时通过各种渠道向生产部门输入，力争尽早应用。

5年来，在中国科学院、林业部、辽、吉两省林业厅、昌图、农安两县政府及其林业局等各级部门的直接领导和关怀下，经课题组全体科技人员的通力协作，专题任务如期圆满完成。1990年8月通过了由中国科学院资源环境局主持的验收，1991年1月通过了由林业部科技司委托，由中国科学院资源环境局主持的成果鉴定。评委会专家们对该项研究给予了“总体上达到国际先进水平，某些方面居国际领先”的高度评价，本论文集即为该项研究成果的文字部分，论文集含论文16篇，文献综述3篇，成果应用即经营方案1篇。

由于编辑时间紧促，加之水平有限，疏误之处敬请读者指正。

编者

1991. 6. 17

目 录

序 言

前 言

“三北”地区农田防护林永续利用和更新方式的研究	姜凤歧 (1)
林带树木的生长发育规律初探	姜凤歧 朱教君 周新华 杨瑞英 林鹤鸣 毕克臣 孙振清 王悦虹 温朝义 (27)
关于防护林优化结构及抚育间伐的研究	傅梦华 姜凤歧 (41)
应用数字图象处理法测定林带疏透度	姜凤歧 徐吉炎 傅梦华 刘振国 (54)
数字图象处理法确定林带疏透度随机误差研究	周新华 姜凤歧 朱教君 (58)
数字图象处理法确定林带疏透度投影误差和影缩误差研究	周新华 姜凤歧 林鹤鸣 (70)
林带疏透度变化规律及其在抚育间伐中的应用	周新华 姜凤歧 杨瑞英 朱教君 林鹤鸣 (82)
杨树林带疏透度的研究及其在林带结构调控中的应用	傅梦华 姜凤歧 杨瑞英 (102)
农田防护林抚育间伐试验研究	杨瑞英 姜凤歧 林鹤鸣 朱教君 邢力华 李凤元 (109)
农安县农田防护林的现状调查及分析	姜凤歧 杨瑞英 林鹤鸣 朱教君 金学荣 肖祖怡 潘永义 (115)
农安县农田防护林立地类型划分及质量评价	余玲君 姜凤歧 林鹤鸣 (123)
关于立地分类及质量评价的研究	余玲君 姜凤歧 (141)
苗木含水率与生活力的关系	姜凤歧 林鹤鸣 (149)
杨树林网改造试验示范研究	姜凤歧 杨瑞英 周新华 林鹤鸣 朱教君 李凤元 王凤林 李新民 杨振林 (156)
关于防护林防护成熟与更新的研究	朱教君 姜凤歧 (165)
农田防护林防护成熟理论的探讨	姜凤歧 朱教君 (176)
东北地区农田防护林主要树种的防护成熟龄和更新龄的研究	李 昕 章依平 郭杏芬 戴力民 (186)
农田防护林防护成熟与更新	朱教君 姜凤歧 周新华 杨瑞英 林鹤鸣 (195)
“三北”东部地区农田防护林的更新	李 昕 郭杏芬 章依平 肖祖怡 王凤林 李新民 杨振林 (205)
长春市农田防护林经营技术方案 (试行)	长春市林业工作站管理总站 中国科学院沈阳应用生态研究所 (214)

“三北”地区农田防护林永续利用和更新方式的研究^①

姜凤歧

(中国科学院沈阳应用生态研究所)

摘 要

通过5年的试验研究,成功地解决了农田防护林合理经营的关键问题,提出了相应的技术措施及其理论基础。从农田防护林经营的总目标出发,采用量化指标将林带划分为三个生长发育阶段;建立了测定林带疏透度的新方法——数字图象处理法;在大量调查的基础上,通过分析和模拟建立了具有高相关度的9个疏透度变化规律的数学模型;实验证实林带疏透度在0.25—0.35为最适结构状态;依据林带疏透度变化数学模型及其最适值建立了林带合理结构调控技术体系;应用航片同现场调查相结合进行林带分类并绘制了典型地区林网现状图;通过营造模式林带试验证明,在东北西部地区用冻土坨法和包根坨法移植樟子松幼树营造防护林是成功的也是可行的,用白榆和旱柳可以改变树种单一的局面,林下补植灌木可以改善林带结构;研究定义了防护成熟概念,以树高生长加速度和木材材性成熟度确定初始防护成熟及其相应的年龄,对于东北普遍应用的杂交杨为15年左右,乡土杨20年左右;研究建立了更新龄的新方法并给出了东北地区主要防护林树种的更新龄;通过建模和效益评价,对四种更新方式进行了比较并提出适宜地区。

1 前言

按着现代生态学观点,可以把农田防护林理解为:调整与改善多灾而脆弱的农田生态系统结构与功能的重要生态工程,其最高目标是建立或恢复持续而稳定的高生产力水平、高生态环境效益的农田生态系统。从这一总目标出发,不仅要求每条林带的结构经常处于最佳状态,而且需要林网体系在时间与空间两个尺度上保持合理的布局,以实现农田防护林体系的永续利用。目前,我国已营造各种形式的农田防护林约200万ha,其中约100万ha分布在风沙、干旱、水土流失灾害严重的“三北”地区,并构成“三北”防护林体系的骨干工程。保证如此巨量的农田防护林发挥最大的防护功能并达到永续利用的目的,采取有科学依据的林业经营措施是当前我国,特别是“三北”地区农田防护林建设的当务之急。

① 本文为专题研究的总报告。参与编写的有周新华、杨瑞英、朱教君、李昕、林鹤鸣等同志。由姜凤歧执笔。

迄今为止,国内外对农田防护林的研究主要集中在规划设计、营造技术和效益观测等方面,而对营造后的林带(网)诸多经营问题研究较少。对林带结构量化指标——疏透度的测定方法以及结构调控的手段基本上处于定性和经验的阶段,我国在这方面的研究也有类似的特点。即便就某些经营范畴的问题提出了一些具体的技术措施,也难免“就事论事”。由于缺乏林学基础的深化和理论的依托,影响了这些技术措施指导实践的普遍性意义,至于林带防护成熟和更新年龄等涉及农防林更新的重大问题,无论从理论上还是实践上都是极其薄弱的,这对即将成熟的大面积林带更新工作显得十分紧迫。

为此,我们以营造面积大、集中连片,成形较快的东北西部内蒙古东部地区的农田防护林为对象,选择代表性较强的辽宁省昌图县宝力镇和吉林省农安县哈拉海镇为试验基点,1986—1990年,采取区域性调查与基点建模示范,定期观测相结合;建立新方法、深化应用基础与加速向生产实践转化相结合的技术路线,在昌图县林业局及宝力镇林业站、农安县林业局、长春市林业局林业站等单位的通力协作之下,开展了较为深入和系统地研究,到1990年底现已完成专题各项任务,达到了既定的要求和指标。现将研究结果总结于后。

2 林带结构调控的研究

正如用材林的结构与其生产力密切相关一样,农防林结构直接影响其防护效益,因此,关于结构与效益的研究在农田防护林的研究中不仅起步早而且一直保持经久不衰的势头。以往的研究结果可以概括为以下3点:(1)疏透度是林带结构的重要特征指标;(2)疏透、通风和紧密结构是林带结构的三种基本类型并分别有其适用范围,以疏透结构为最优;(3)林带结构(疏透度)随诸多因子而变化,通过合理设计和抚育措施可以适当调整。这些研究结果为林带结构的调控指明了方向,但远不能适应科学经营的要求,为此,必须突破以下技术关键:(1)揭示农田防护林生长发育的特殊规律;(2)探索林带结构的量化指标——疏透度测定新方法;(3)确定林带最适结构疏透度范围;(4)建立疏透度变化的数学模型。(5)建立合理结构调控体系。

2.1 林带树木的生长发育规律

森林在生长发育过程中,由于林木之间,林木与环境之间相互制约的关系甚为密切,其群体密度、不同径级树木数量、直径、树高与材积的生长按着时间的顺序呈现有规律的变化。充分揭示并掌握森林生长发育规律是科学育林的基础。然而,国内外关于农田防护林树木生长发育规律的研究甚少,使该林种的培育和经营由于缺乏直接的理论基础依托具有很大的盲目性。研究农田防护林的生长发育规律和特点,对林带结构调控、更新以及木材利用等主要育林措施具有重要的理论和实践意义。

为了探讨林带树木生长发育规律,我们开展了区域性的林带调查。调查区包括吉林省长春市的5县1区(即:农安县、双阳县、德惠县、九台县、榆树县及长春郊区)和辽宁省昌图县。重点调查在农安县及昌图县宝力镇。杨树(*Populus*, sp.)是调查区的主要林带树种,主要品种有小钻类杂交杨(双阳快为主)(*P. xiao-zhuannica*)、北京杨(*P. beijungensis*)及乡土杨,主要有小叶杨及小青杨(*P. simonii* *P. pseudosimonii*)。杨树林带在这些地区都已成型,网眼整齐,树种选择比较适当。造林密度偏大,部分林带已经间伐;调查林带的年龄在3—34年,多数在10—21年。

在上述地区选取具有代表性的林带长 50—100m 做临时或固定标准地, 对标准地树木进行每木检尺、测树高、调查林带的密度、抚育间伐情况及林带的配置、生长状况等。同时对每条标准地林带拍取照片以便用图象处理法测定林带的疏透度。在年龄较大的林带, 选取典型树木做树干解析; 共设标准地 145 块, 取得 70 株解析木资料。以下按 7 个方面加以分析。

2.1.1 林带树木株数按径阶分布状态的检验

一般森林树木株数按径阶分布遵从正态分布, 幼龄时, 小径阶株数多, 曲线左偏, 峰度较大, 随着年龄和直径的增加, 逐渐由左偏右, 峰度渐小。

将林带样地每木检尺资料, 按树种、行位及年龄分别整理、筛选, 用 χ^2 分布检验林带树木的分布状态。计算结果表明: 三个品种杨树林带, 总计 56 块样地, 有 44 块样地呈正态分布, 只有 12 块样地不服从正态分布规律, 可见, 总体上各品种林带树木株数按径级分布, 在各年龄中基本服从正态分布。不服从正态分布的 12 块样地大致有两种情况, 其一, 有些年龄较小的林带在保持初植密度的条件下, 不服从正态分布, 但都很接近正态分布; 其二, 由于样地林带抚育间伐所致, 如北京杨不服从正态分布的林带其保存率均较低。三个树种各年龄的分布峭度大都小于 0, 表明分布曲线比标准正态分布曲线平坦。

2.1.2 林带树木平均直径的变化特点

一般认为, 不论林分的树种、年龄、密度及立地条件如何, 林分平均直径的位置大致在株数累积百分数的 55—64% 范围内, 近于 60% (北京林学院, 1984)。对于林带的情形则如表 1 所列结果。

表 1 林带相对直径为 1.0 时各年龄小于平均直径株数累积%

树种	调查项目	调查结果									平均
小 钻 类 杂 交 杨	年 龄	5	7	10	12	15	17	21	23	27	53.8
	行 数	3	4	4	4	6	3	6			
	样本数	112	120	53	55	66	95	71			
	平均直径	7.3	11.0	14.2	9.3	14.1	16.8	17.1			
	$\leq D$ 株数	56	68	33	32	40	49	41			
	累积 (%)	50.0	56.7	62.3	58.2	60.6	51.6	57.7			
北 京 杨	行 数	3	4	3	4	6	4				57.4
	样本数	106	74	80	58	60	89				
	平均直径	9.9	8.5	18.8	23.5	12.0	15.0				
	$\leq D$ 株数	57	36	48	38	40	54				
	累积 (%)	53.8	48.7	60.0	65.5	58.8	60.7				
乡 土 杨	行 数				7	3	4		4	4	52.4
	样本数				72	28	60		62	26	
	平均直径				10.8	22.7	17.6		15.7	29.0	
	$\leq D$ 株数				36	13	35		30	12	
	累积 (%)				50.0	46.4	58.3		48.8	46.2	

三个品种林带中小于平均直径和大于平均直径的株数分别为: 小钻类杂交杨 53.8% 和 46.2%, 北京杨 57.4% 和 42.6%, 乡土杨 52.4% 和 47.6%。由表 1 看出, 小钻类杂交杨平均直径的位置在株数累积的 44.8—63.3% 之间, 北京杨在 48.7—66.9% 之间, 乡土杨在 46.1—66.7% 之间; 这与一般森林树木平均直径出现的位置相近似, 但从林带树木平均直径出现的位置看, 其累积株数的下限偏低, 即林带林分中大于平均直径的株数多于一股森

林平均株数的比例，这主要与林带具较多边行有关。

2.1.3 林带树木直径的离散度 (K)

林木直径离散度的变化是标志林木分化的重要指标。离散度是指林分平均直径与最大和最小直径的倍数之间的距离，即最大直径与平均直径的倍数与最小直径与平均直径的倍数之差。一般森林直径变动幅度如以林分平均直径为 1.0，最大直径一般为平均直径的 1.7—1.8 倍，最小直径为 0.4—0.5 倍，幼龄林分变动幅度略大些（北京林学院，1981）。对样地的林带树木直径离散度统计结果表明，林带树木直径的离散度不仅与年龄、株数有关，而且与林带的行数、行距也有关。林带树木直径离散度在年龄较小时（小钻类杂交杨及北京杨 7 年，乡土杨 12 年）， K 有随年龄的增加而增加的趋势。在年龄稍大（杂交杨大于 7 年、乡土杨大于 12 年） K 随着年龄的变化则很大：4—21 年小钻类杂交杨最大直径为平均直径的 1.20—1.88 倍，平均 1.44，最小直径为 0.28—0.74 倍，平均 0.49，离散度变幅为 0.46—1.59，平均 0.95；3—17 年北京杨最大直径为平均直径的 1.31—2.21 倍，平均 1.6，最小直径为 0.12—0.58 倍，平均 0.41，离散度变幅为 0.73—1.88，平均 1.16；11—27 年乡土杨最大直径为平均直径的 1.19—2.20 倍，平均 1.5，最小直径为 0.33—0.80 倍，平均 0.5，离散度的变幅为 0.39—1.80，平均 0.99。林带树木最小直径的变动幅度与森林树木接近，而最大直径的变动幅度则普遍小于森林树木，由于 10 年以上的林带均经人为调控，不能看出林带在初始密度下离散度的变化规律。

2.1.4 林带的边行效应

林带树木的生长与其它森林树木的生长基本一致；林带树木生长发育的特殊性在于林带存在着较多边行。由于边行树木所处的营养空间增大，使其表现出边行优势，对林带的经营管理有着特殊的意义。

从对林带的边、内行直径统计中得出，林带的边行优势主要体现在两方面，其一，林分的最大直径均出现在边行；其二，绝大多数林带边行的平均直径大于林带内行平均直径。而且这种差异与林带年龄关系较为密切，即年龄越大，边行优势越明显（见表 2）。如小钻杨 6 年生 4 行林带，边行平均直径 7.3cm，内行平均直径 7.1cm，边行比内行高 0.2cm，而 10 年 4 行林带边行平均直径 15.2cm，内行平均直径 12.9cm，边行比内行高 2.3cm，16 年生的 4 行林带，相应为 28.1cm 和 23.5cm，相差 4.6cm。可见林龄有促进边行优势的趋势。

表 2 林龄与胸径的边行优势

树种	平均胸径 (cm)	年 龄								
		6	7	10	12	13	14	15	16	17
小钻杨	边行	7.3	11.9	15.2	9.9		16.4		28.1	
	内行	7.1	9.7	12.9	8.2		14.3		23.5	
	差值	0.2	2.2	2.3	1.7		2.1		4.6	
北京杨	边行		9.0		19.3	16.7		17.6		17.6
	内行		7.6		13.2	14.4		14.3		13.8
	差值		1.4		6.1	2.3		3.3		3.8

2.1.5 林带树木的分化和分级

关于林带树木的分化：

在同龄、同种以及相同立地条件下，森林内个体的高与直径生长存在的差异，称为分

化。一般树高变动在 1.15—0.8 倍平均树高之间,直径变动在 0.5—1.7 倍平均直径之间。与一般森林树木一样,林带树木分化的时间是受树种、密度及人为干预等多因子影响的。关于林木的分化,离散度是主要标志,一般森林树木离散度近于 1.0,即应进行第一次间伐(北京林学院,1981)。据此并根据实际观察,对于林带树木离散度值大于 1.0 时即认为树木开始分化。统计未经间伐林带离散度的变化情况得知,在现行密度下,无论小钻杨,还是北京杨,这些比较速生的杂交杨树种造林 4—5 年后,其直径离散度均达到或超过 1.0,亦即开始了林木分化。

关于林带树木的分级:

林带的主要作用是防止自然灾害,保护农田,因此林带树木的分级不同于一般森林。而林带树木分级的目的,是为了更好地经营林带使之充分发挥防护效益,因此除根据树木分化程度外,更主要是依据林带树木对防护效能贡献的大小,即对林带结构的作用大小。

表征林带防护效能的主要指标是林带结构——疏透度,过疏、过密都使得林带不能发挥最佳的防护效益。因此把林带树木对林带结构贡献的程度和林木分化的情况作为林带树木分级的依据;林带各级树木的特征如下:

林带树木周围 >5m 外无树木为 I 级木,林带树木周围 2.0—5m 无树木为 II 级木,林带树木周围 <2.0m 处的树木为 III 级木,每一级再根据胸径大小和树木生长发育情况划为 a、b、c、d 四级。严重病腐木为 IV 级木。

林带树木的分级主要是用于林带进入速生期的结构调控,届时,将根据间伐量的需要依次伐除 IV 级木。III 级林中按 III a、III b、III c、III d 的顺序考虑去留。

2.1.6 林带树木的生长规律

林带树木的生长受遗传因子与立地条件的制约,根据杨树林带树木的生长特点,选取多种林分生长模型对林带树木的直径、树高和材积生长作了拟合。

关于直径生长,通过模型的模拟,得到各树种直径生长的最佳生长模型为幂函数生长模型。该模型表征树木的相对生长律。

关于树高生长,杨树林带的树高生长符合 Logistic 生长函数 (3—30)。

关于材积生长,林带树木材积随年龄的变化遵从 Richards 生长曲线。

根据以上模型可以求出林带树木的数量成熟,以此为基础进一步确定林带终止防护成熟及更新龄。

2.1.7 林带树木生长阶段划分及其经营措施

一般森林的生长发育过程根据林分生长发育特点通常概括为四个时期,即形成期(幼龄林)、近熟林(近熟林)、成熟期(成熟林)、衰老期(过熟林)。随着人工林的发展,特别是速生树种的引种,使森林的培育期明显缩短,已无繁琐分期的必要。对于农田防护林,特别是以杂交杨为主体的农防林,无论从林种的特殊性考虑,还是从树种的速生性考虑,都不必按六个阶段划分其生长发育阶段。我们根据林带树木直径生长、树高生长、材积生长变化规律,将林带的生长发育过程划分为三个发育阶段:幼龄期、速生期和防护成熟期。

幼龄期:指林带在合理初植密度的条件下,自栽植到林带树木基本郁闭这段时期。幼龄期的确定主要根据林带树木直径离散度、直径随年龄变化规律等。

速生期:指林带自分化开始到初始防护成熟这段时期。根据树木高生长加速度达到极小值确定初始防护成熟,由幼林期下限到初始防护成熟为速生期。此时林带树高生长速度

最快,在进入初始防护成熟后即开始减低。

防护成熟期:指由初始防护成熟到终止防护成熟持续的时期。终止防护成熟大体与自然成熟相当。

在幼龄期林带树木间几乎不存在竞争,影响树木生长的主要因素是林地水肥等基本条件的保证程度。

林带进入速生期后,林带树木严重分化,结构逐渐变密(疏透度变小),为了保证林带结构的合理,在林带进入速生期后1—2年需进行首次间伐。

在防护成熟期主要以保持林带最佳结构为目的,通过抚育间伐调解林带结构使之保持最佳,以达到林带保护农田之目的。

2.2 用数字图象处理法确定林带疏透度

疏透度的测定方法基本上可以归纳为两类,一为目测法,一为概率分析估算法。通常以目测法应用最普遍,但两者均未解决高精度测定问题,更谈不上按误差小于期望界限值的准确度确定林带疏透度了,特别是目测法的粗放性很不适应结构研究与指导生产实践的需要,为此,我们首先探索一种新的测定方法——数字图象处理法。

2.2.1 数字图象处理法测定林带疏透度原理及步骤

本法的原理是应用数字图象处理系统,根据象片上林带枝体与其空隙之间的灰度差异,经二值图象处理将它们严格分割开来,由各自所占据的“像素”(Pixel)统计林带影象的孔隙度(林带象片疏透度),用以估计林带实际疏透度,数字图象处理法确定林带疏透度包括从测定样本量的确定和野外摄影到室内测定直至各项误差计算的一整套技术。下面简述如下:

在野外摄影之前,首先按精度要求计算保证林带疏透度随机误差限小于既定界限值应测定的象片数;选用较大焦距的照相机,在保证林带影象清晰的前提下,尽量远离林带摄影,获得林带象片疏透度中投影误差和影缩误差较小的象片;在垂直于林带并通过挂牌树的水平线上,距挂牌树 S 处,将照相机主光轴对准摄影者眼高处的标牌上沿中心位置摄逆光或侧光黑白象片,若仍需继续摄影,为免使将要摄得的影象与前一张或几张象片的影象有重复,应平行于林带移动约20m,再使照相机主光轴水平且垂直于林带,摄得另一张黑白象片。以同样方法一直摄到满足确定林带疏透度精度要求的 n 张象片为止,显然,这种摄影方法为垂直摄影。

将在野外摄得的底片,经放大印成 $8\text{cm}\times 12\text{cm}$ 的正片,在室内量定树木影象的比例尺。然后再测定前行10株树(被测株数可根据精度要求自行确定)影象的树高和冠下高,用从同一林带摄得的 n 张象片中测得的10 n 株树高平均值和冠下高平均值作为该林带的平均树高(H)和平均冠下高(h)。在象片上林带前行树基部、平均冠下高及平均树高3个位置各画一条平行于地平线的黑线,做为数字图象处理测定时冠部与干部的界线和上下边界;在数字图象处理之前,据林带冠下干部影象投影带宽与平均干径缩小量之和及投影误差和影缩误差之和的计算模型编写出模拟程序,在给定林带调查因子和既定误差的条件下模拟出相应类型林带象片上干部象片疏透度中投影误差和影缩误差之和的绝对值小于在1张象片上林带被测部分疏透度随机误差限0.044的范围界线位置,作为应用数字图象处理技术测定林带冠部和干部疏透度共用的左右边界,使测定在此范围内进行,合理地限定林带象片疏透度中的投影误差和影缩误差。

然后开始数字图象处理,首先应用摄象数字化器摄入影象,调解摄象数字化器的焦距与光圈使图象清晰且反差较大地显示在主机监视器上,使测定边线与象片划定的范围界线相稳合。选择测定项目及参数存入磁盘,在影象值读入计算机内存后,测定按选定的参数逐步进行。测定的首要操作是反复调节二值图象分割值,直至林木枝体影象与其空隙之间截然分开,在此基础上编辑修改图象消除背景干扰,这几步操作完毕后,余下的量标计算及数据输出由数字图象处理系统自动高速完成,并在完成后等待选择是否继续处理。

由于 MAGISCAN-2A 型数字图象处理系统具有区分 255 个灰度阶,将被测部分影象分割成多达 512×512 个“象素”的高分辨能力,在测定中仅存在着少于 2 个“象素”的舍入误差;加之该系统通过光信号接收图象,经数字化后输入以计算机为核心的数字处理系统,通过处理输出结果,除人为操作过程之外,各自动处理过程均可瞬间完成,可见这种测定方法不仅准确,且测定速度快,并排除了主观因素。从原理和手段上确立了客观、高速而准确的测定方法。

2.2.2 数字图象处理法测定林带疏透度误差分析

与传统的测定方法相比,可以说该法是较完善的。但尚未满足以林带象片被测部分为样本单元,按误差小于期望界限值的准确度准确地确定林带总体疏透度。由中心投影几何原理和统计抽样理论得到启发,在象片上被测部分影象仅是林带总体中一个样段(样本)的中心投影,由象片上测得的林带疏透度实质是林带总体中一个样段影象的疏透度,与林带总体实际疏透度还存在着一定的误差,为查清其来源,最终消除或限定之,满足测定的要求。以中心投影几何原理和统计抽样理论依据,经分析确认,用林带象片疏透度(β_p)估计林带总体实际疏透度(β)的误差来源于影象的投影误差(δ)、影缩误差(Δ)、背景干扰、仪器测定误差及用象片被测部分实际疏透度估计林带总体实际疏透度的随机误差(ζ)、其中测定误差可以忽略,背景干扰在“数字图象处理”时能够消除,因此,可用模型

$$\beta_p = \beta + \delta + \Delta + \zeta \quad (1)$$

表示,用 β_p 估计 β 的误差来源。

式(1)中随机误差是最基本的误差,当样本容量一定时,人为无法控制其大小,据皮尔逊(Pearson)定理经 χ^2 检验确定林带整体疏透度随机误差遵从正态分布,经 F 检验证实,其分布与树种和带内配置无关,各类型林带整体疏透度随机误差遵从同一正态分布,即总体

$$\zeta \sim N(0, 0.02258^2) \quad (2)$$

依据该分布,按 95% 的置信度确定了由同一林带不同样段 n 张象片用“数字图象处理”测得的林带整体疏透度平均值估计其总体值的随机误差限(θ)

$$\theta = \left| \pm u_{0.025} \times \frac{\hat{\sigma}}{n^{1/2}} \right| = \left| \pm 1.96 \times \frac{0.02258}{n^{1/2}} \right| = 0.04425/n^{1/2} \quad (3)$$

式中: $u_{0.025}$ ——标准正态分布的 95% 置信限

式(1)中的投影误差和影缩误差符合中心投影规律,由导出的投影差(λ)基本模型

$$\lambda = \frac{W \times T}{C_i \times f + W} \quad (4)$$

W ——林带宽

T ——象片上象底点距树体的距离

C_i ——底片上林带前一行树木影象比例尺分母

f ——摄影机焦距

可表明离象片主纵线越远影象投影差越大,摄影距离越远或照相机镜头焦距越长影象投影差越小的2条基本规律,是我们在野外摄影和室内测定过程中为尽量避免投影差对疏透度测定准确度干扰采用一系列技术的基本依据。

由(4)式表明的基本规律可知,对于同一条林带而言,在象片影象比例一定的前提下,若使林带影象的投影差较小可采取2种技术方法:其一,采用较大焦距镜头的照相机摄影;其二,若照相机镜头焦距不变,在保证象片清晰的条件下,尽量远离(距离 $S = C_i \times f$)林带摄影。因此在实际摄影时,在所使用的照相机焦距为50mm不能增长的情况下,我们采取了100m的远距离摄影。

由(4)式的基本原理还可知,在象片上,若林带宽度相同,离象片主纵线越近,其干部的投影差越小,且在主纵线上为零。据此规律,在数字图象处理测定林带疏透度时,应尽量在较小的测定范围内进行测定以便最大限度地避免投影误差,但面积过小随机误差又会必然增大,这又使得我们应尽量扩大测定面积,为此,以1张象片被测部分林带整体疏透度随机误差限0.044为依据,使测定范围内的投影差和影缩差产生的误差之和的绝对值小于该误差限。这是我们依据投影差规律在使投影差和影缩差给疏透度确定带来的误差小于随机误差的基础上,最大限度地避免其中的投影差,并科学地限定随机误差所采取的室内测定技术。

以(4)式的模型为基础,结合概率论,建立了保存率为P的矩形配置林带干部投影差和影缩差模型(见《数字图象处理法确定林带疏透度投影误差和影缩误差研究》一文)。又由该模型可派生出品字形和斜线配置林带投影差和影缩差模型,应用这些模型,可计算在象片上任意范围内各种配置类型林带影象投影差和影缩差对疏透度测定所产生的误差之上限值($\Delta\delta_0$)。

根据上述对象片疏透度误差来源模型(1)式中各项误差的逐项分析与研究拓开并提出了提高和确知“以数字图象处理为测定方法确定林带疏透度”准确度的技术途径:即,以所确定的随机误差分布及其误差限和建立的各类型林带影象投影差和影缩差模型为理论依据,在采取一系列尽量避免林带影象投影差和影缩差,限定随机误差对疏透度确定影响的野外摄影和室内测定技术措施的基础上,用模型计算的投影差和影缩差对“数字图象处理”测定值进行订证,通过增加测定同一林带不同样段的象片数缩小随机误差限,这样就可使象片疏透度(β_r)以小于期望界限值

$$|\beta - \beta_r| < (1 - h_0) \times \Delta\delta_0 \pm \frac{0.044}{n^{1/2}} \quad (5)$$

式中: h_0 ——相对枝下高(枝下高/树高)的误差逼近林带总体实际疏透度(β)。该技术途径的拓开与提出为定量地研究林带的疏透度,建立其与林带易测因子的相关模型,用疏透度实测值高精度地估计之中的参数奠定了可靠的基础。

本专题研究中,每一条林带总体实际疏透度由同一林带不同样段的2张象片测得确定,其误差的绝对值小于0.031。

2.3 疏透度的变化规律及其数学模型

疏透度随季节、树种组成、造林密度、宽度(或行数)、配置方式而变化的定性认识是

显而易见的。为了把林带疏透度的变化规律加以定量地描述,以便更准确地、科学地指导营林实践,我们以东北西部内蒙古东部农田防护林中占绝对优势的杨树为对象,共选设固定和临时林带结构调查标准地140块,应用图象处理法测定疏透度,样地调查内容包括树种组成、起源、林龄、株行距、密度、行数、树高、枝下高、胸径、胸高断面积等林分结构的基本因子。试作以下两种模型。

2.3.1 杨树林带疏透度与其主要结构因子的相关模型

以林带疏透度与其主要结构因子的相关模型或称主导因子模型。

首先,对昌图县宝力镇地区杨树林带(以北京杨为主)作如下分析:

该区农田防护林建设始于1975年,林带高度在8—15m,一般3—7行,多为通风结构类型。林带疏透度分别按树干层和林冠层测定,然后加权平均计算整个林带疏透度。根据分析并参考已有的研究结果,我们发现100m林带段所有林木胸高断面积总和(G)、林带行数(L)、密度(N)等为对林带树冠和树干部分的疏透度有显著影响的主要结构因子,故作为初选因子。林带相对枝下高(h_0)与整个林带疏透度相关。经逐步回归分析确定,主要结构因子参数与林带疏透度之间可以用下面的数学模型表达:

适用范围	数学关系式	相关系数
有叶期树干部分	$\beta_1 = 0.99437 - 0.30821\log G - 0.00913L$	0.9070
有叶期树冠部分	$\beta_2 = -0.05115 + 0.40384/G$	0.9980
有叶期全林带	$\beta_{\pi} = 0.27430 - 0.40418\log G + 0.93034h_0$	0.9719
无叶期树干部分	$\beta_3 = 0.27980 + 0.28948/G$	0.9075
无叶期全林带	$\beta_{\pi} = 0.56253 - 0.41959\log G + 0.47902h_0$	0.9522

结果表明:

(1) 无论是无叶期还是有叶期,树干、树冠及整个林带的疏透度各有其同一形式的数学表达式。

(2) 树干部分疏透度由林带单位长度胸高断面积(g)值和林带行数两因子来决定。在林带幼龄期,若要使林带达到比较理想的 β 值,除了不修枝叶,可以用增加行数(同时也增大了 g 值)来加以解决,待林带长成后再进行抚育间伐,保留4—5行即可。

(3) 相对枝下高(h_0)是影响疏透度的一个重要因素。林带相对枝下高每增加0.1,林带疏透度在一定范围内在有叶及无叶期分别增加0.09和0.05。因此,控制修枝高度也是对林带实行结构调控的重要手段。

2.3.2 杨树林带疏透度机理模型

为探讨适宜性较广,能够指导区域性农田防护林带疏透度定量调控的一般性理论,以林带配置、行数(n)、株距(t)、保存率(p)、胸径($D_{1.3}$)、冠下平均干径(D)、相对枝下高等易测因子对林带疏透度影响规律的机理为依据,分别矩形、品字形和随机3种配置类型,推导建立了相应于干部与冠部的疏透度模型,由相对枝下高的加权确立了它们的整体疏透度模型,其结构如下:

矩形配置林带的为

$$\beta_j(n, t, p, D_{1.3}, D, h_0) = h_0 \left(1 - \frac{C_1 D}{t}\right) \left[1 - \exp\left(-\frac{C_2}{np}\right)\right] + \frac{C_3(1 - h_0)}{C_4[np(1 + C_6 D_{1.3})^2/t]^c + C_5} \quad (6)$$

品字形配置林带的为

$$\beta_p(n, t, p, D_{1.3}, D, h_0) = h_0 \left(1 - \frac{2C_1 D}{t}\right) \left[1 - \exp\left(-\frac{C_2}{np}\right)\right] + \frac{C_3(1 - h_0)}{C_4[np(1 + C_5 D_{1.3})^2/t]^{C_5} + C_3} \quad (7)$$

随机配置林带的为

$$\beta_r(n, t, p, D_{1.3}, D, h_0) = h_0 \left[1 - \frac{D}{t}(C_1 D + C_2)\right] + \frac{C_3(1 - h_0)}{C_4[np(1 + C_5 D_{1.3})^2/t]^{C_5} + C_3} \quad (8)$$

式中: $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ 为待定参数

模型中的待定参数决定于与树种有关的冠体形状、分枝角的大小、枝的粗细以及叶的疏密等外貌形态,为此以吉林省长春地区和辽宁省昌图县宝力镇农田防护林的有叶期林带象片为资料,用“数字图象处理”测定法确定它们的疏透度值,分别杂交杨[北京杨、小黑杨($P. \times xiaohei$)、小青黑($P. pseudosimonii \times nigra$)],小钻类杂交杨[双阳快、白城杨($P. \times xiao zhuanica$)],乡土杨3个树种组,用麦夸脱(Marquardt, D. W.)迭代法模拟出3种配置林带冠部和干部疏透度模型中诸参数的最小二乘估计(见表3)。组合成7套参数,将它们相应地代入(6)、(7)和(8)式中得到3种配置类型林带对应于3个树种组的7个模型。

表3 3种配置林带干部和冠部疏透度模型中对应于3个树种组的参数

配置	树种组	样本数	干 部				冠 部					
			C_1	C_2	R	$S_{y,x}$	C_3	C_4	C_5	C_6	R	$S_{y,x}$
矩	杂交杨	62	2.8235	4.7076	0.83	0.065	1.0014	0.7926	0.9419	6.5294	0.82	0.075
形	小钻类	32	1.4336	2.4885	0.90	0.079	0.5000	0.4484	0.8851	4.1415	0.95	0.043
品	杂交杨	32	1.2032	4.3447	0.92	0.057	1.0000	0.5569	1.3001	5.9819	0.98	0.038
字	小钻类	52	1.1125	2.9894	0.91	0.057	4.4934	0.2990	1.0787	23.903	0.91	0.051
随	杂交杨	36	1.5205	0.1165	0.93	0.048	0.8951	0.1701	1.3678	11.138	0.97	0.040
	小钻类	42	2.0837	0.0200	0.91	0.055	1.2461	0.1804	1.0666	15.681	0.95	0.041
机	乡土杨	34	2.3857	0.0692	0.84	0.090	0.4500	1.1368	0.7696	1.5843	0.88	0.042

2.4 林带最适疏透度的确定

对林带结构进行调整,除了满足林木正常生长发育的要求之外,更重要的目的是使林带处于最佳防护状态。因此,确定维持林带最佳状态的最适结构的疏透度指标至为关键。以往的研究表明,当疏透度值达0.25—0.40时,林带的防护效益最大,为了应用这一结论不致产生偏颇,我们1987年在宝力实验区选取具不同疏透度的林带在主害风盛行的5—6月(全叶期)对林带的防风效益进行了对比观测。结果发现,具不同疏透度的林带均在迎风面10H至背风面20H范围内产生明显作用,30H处的风速均恢复到旷野水平。但是,具不同疏透度的林带之间的防风效果及有效防护距离是有显著差别的。图1反映了林带防风效果与林带疏透度的关系。从中可以更直观地看出,当疏透度为0.25时,三个风速减弱值均达到最大。由此可以得出在昌图试验地区,疏透度为0.25的林带具最优的防护效益,疏透度大于或小于0.25均会导致防护效益的降低,偏差愈大,防护效益也就愈不理想。这一结论除了印证已有的结果外,也证明由“数字图象处理”法和数学关系式所给出的林带疏透度值与实际情况是相符的。