

林业



译丛

森林抚育间伐

中国林业科学研究院科技情报研究所 编译



中国林业出版社

LINYE YICONG

林 业 译 丛 (3)

森 林 抚 育 间 伐

中国林业科学研究院科技情报研究所編譯

中 国 林 业 出 版 社

林业译丛(3)

森林抚育间伐

中国林业科学研究院科技情报研究所编译

中国林业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

850×1168 毫米 32 开本 7.25 印张 181 千字

1981 年 11 月第 1 版 1981 年 11 月北京第 1 次印刷

印数 1—2,500 册

统一书号 16046·1026 定价 0.91 元

编 者 的 话

林木抚育间伐是提高林木质量、增加林业收益的重要手段，是森林经营的一项主要内容。建国以来，各地营造了许多人工林，有的已长到二、三十年，亟待抚育间伐。为了使我国林业科技工作者在林木抚育间伐方面有所借鉴，特编译了这本译丛。

译丛内有一部分文章选自《英国林业委员会第55号公报，疏伐方式》(1976)，该公报是国际林业研究组织协会“疏伐经济和收获”课题组的会议论文集，其它文章选自1975—1979年英、日、德、俄等语种的期刊。译文从不同角度反映了英国、日本、西德、苏联、加拿大、新西兰、丹麦、南非、乌干达等国的森林抚育间伐(亦称疏伐)情况。为了便于读者了解国外林木抚育间伐的概要情况和发展趋势，特请中国林业科学研究院林业研究所刘景芳同志写了综述文章。

该译丛主要包括四个方面的内容：抚育间伐的理论，抚育间伐方式，抚育间伐作业对林地和林分的危害以及抚育间伐作业的工艺和机械化。

需要指出的是，“抚育间伐”这个词的译名尚不统一，译自英文的叫疏伐，译自日文的叫间伐，译自俄文的叫抚育采伐，而我国则多称抚育间伐。在该译丛中，我们仍保持各自的译名，未做统一。

由于我们的编译水平有限，缺点错误在所难免，请批评指正。

目 录

编者的话

1. 国外森林抚育间伐研究现状概述.....
.....中国林业科学研究院林业研究所 刘景芳(1)
2. 日本近来关于收获量与密度相关的一些理论及其对辐射
松人工林的应用..... (美) T. John Drew 等(8)
3. 生长空间的量测——疏伐试验的补充.....
..... (丹麦) Axel Martin Jensen(28)
4. 南非的疏伐研究..... (南非) A. Vanlaar(38)
5. 小径木间伐的研究 (V)
——柳杉林间伐后六年间林况和现有量的变化..... (日) 川那边三郎等(53)
6. 新西兰的辐射松试验 (新西兰) W. R. J. Sutton(67)
7. 乌干达引种的墨西哥柏人工林疏伐研究的中间成果.....
..... (乌干达) P. K. Karani(75)
8. 三十年生扁柏林分间伐试验
——以行状间伐为主 (日) 竹内郁雄 等(90)
9. Bowmont 的挪威云杉疏伐试验
——关于云杉疏伐的讨论 (西 德) H. Kramer(105)
10. 行状疏伐 在实践中的应用 (南非) R. W. Scott(115)
11. 确定抚育间伐强度的方法
..... (苏) П. П. Изпомеский(124)
12. 改进森林的抚育采伐..... (苏) С. Н. Сенинов(127)
13. 强度抚育伐对松林生长的影响 (苏) А. А. Таас(133)

14. 抚育对柳杉人工林生长的影响
——用收获表进行密度控制的研究 (日)相场芳宪(138)
15. 行状疏伐对生长量的影响 (英)G. J. Hamilton(147)
16. 四次疏伐对 62 年生美国赤松人工林生长、收获和经济
效益的影响 (加拿大)F. W. Von. Althen等(161)
17. 以丹麦的试验林地为例, 论述不同疏伐强度对云杉材积
产量和价值收益的影响 (丹麦)H. Bryndum(175)
18. 不同疏伐方式对土壤和林木伤害的影响
..... (美)Henry A. Froehlich(187)
19. 不同疏伐方式对生长和林分损害的影响
——西德云杉林分研究结果 (西德)H. Kramer(198)
20. 喀尔巴阡山的抚育采伐工艺 (苏)Л. Е. Рыжило(210)
21. 英国用索道集材机集运疏伐材的问题
..... (英)J. A. Drummond(215)
22. 机械化疏伐方式 (瑞典)C. J. Brebderg(220)

1. 国外森林抚育间伐研究现状概述

中国林业科学研究院 刘景芳
林 业 研 究 所

抚育间伐是培育森林的一项重要手段。通过抚育间伐可以加速林木生长，缩短成材期，改善森林卫生状况，提高林木质量，增强林木抵抗自然灾害的能力，获得间伐材，减少木材损失，并能提前获得经济收益。因此，抚育间伐问题日益引起世界各国的重视，并进行了大量试验研究工作。现将几个国家的森林抚育间伐研究现状概述于下，以供参考。

一、日 本

日本对于抚育间伐问题，一向有很多学者进行研究。早在五十年代初期只木、吉良等人就根据植物密度和物质生产关系来研究林分密度管理。到六十年代以安藤为代表的根据林分密度与直径、树高、干材积的关系进一步研究，编制了柳杉、扁柏、落叶松、赤松等主要针叶树种的林分密度管理图，后又发展到桦木、橡树等天然阔叶林，并以密度管理图为基础调制成间伐标准表。这种图表既可进行定量间伐，又可预测间伐效果。但是利用密度管理图确定间伐标准的方法仅适于以小径木顺序为前提的下层抚育间伐法，对于不限于小径木的行（带）状抚育间伐法和上层抚育间伐法等并不适用。因此对抚育间伐方法和强度问题也在研究。

近几年来竹内、只木等人对扁柏进行了以行状抚育间伐为中

心的间伐方法的研究，经过4年观测的结果，认为行状抚育间伐法的材积生长量和生长率，虽然比无间伐的对照区略高，但比下层抚育间伐法和中层抚育间伐法要低得多。行状间伐的主要优点是工效高，收益较大，便于拖拉机从林内运出间伐材，作业中可以省略选择间伐木这道工序。其缺点是林地产生空间不均衡，对风、雪等自然灾害抵抗力弱，同时由于形质不良木、枯死木、有害木等未伐尽而保留下来，致使主伐木品质下降。

川那、斋藤等人对10年生的柳杉幼林采用下层抚育间伐的方法(小径木间伐法)进行了不同间伐强度的试验，通过6年观测，认为胸高直径的生长量是随着间伐强度的增加而增加，间伐强度最大者(按株数计算为63.6%)年平均生长量为0.9厘米，而无间伐的对照区年平均生长量仅为0.43厘米。但每公顷断面积生长量小于对照区和弱度间伐区(按株数计算间伐强度为16.1%)。这就说明，间伐强度越大越能提高单株木的生长量，但有可能影响单位面积材积产量。

二、苏 联

C. H. 谢诺夫认为针叶林采用下层抚育间伐法比上层抚育间伐法好，上层抚育间伐法实质上就是工业择伐法，更确切的说就是使主伐转为间伐。因此，间伐的结果使林分生长的稳定性和商品材结构变坏，林分价值变低。一般采用这种方法施工后，很快就得进行卫生伐，以后还要逐渐伐除大量的枯死木和倒木。相反，下层抚育间伐法，每次间伐指标均有改进，同样也改善了以后的工艺条件。其主要优点是：可以很好地利用林分所有材积的潜在生产率，即单位面积上可以获得最多的木材蓄积，同时可以提高木材等级，减免枯死木。在经济效益方面，下层抚育间伐法也比上层抚育间伐法高得多，其比例是：如以不间伐的林分为1.0，

则上层间伐的林分为 0.5，下层间伐的林分为 1.5。

在间伐强度方面，据列宁格勒林研所的研究，采用下层间伐法就是一次间伐蓄积量的 45—50%，疏密度下降到 0.4—0.5，结果林分总生产率也不低于间伐强度较低的林分，且商品材结构也有改善。C. H. 谢诺夫指出：抚育间伐只有遵守下列条件，其效益才能可靠地表现出来，即抚育间伐不应是一次，定期抚育间伐的强度应与次数相适应，开始抚育间伐的年龄不应迟于杆材林阶段。定期性的抚育间伐，可通过强度大、次数少，或强度小、次数多的原则加以保证。但强度小、次数多的抚育间伐，会给组织计划带来麻烦，在经济上也不合算，同时还增加了机械损害林分的危险性。采用强度间伐和适度生长伐，可减少间伐次数，降低劳动消耗，从而保证了抚育的定期性和合理性。对针叶林来说，如松林、云杉林等，第一次抚育间伐强度可采伐蓄积量的 35—45%，以后第二、三次适度间伐可采伐蓄积量的 20—30%。

全苏林业机械研究所的研究认为抚育间伐强度愈大，重复次数愈少，经济效果愈好。在多林地区，伐除蓄积量 35% 以上的极强度抚育是适宜的，对混交林采用强度间伐尤其合理。

三、西 德

H. 克拉默在 1967—1973 年对云杉林进行的不同抚育间伐方法的研究，认为上层抚育间伐法，通过伐除一部分优势木，可使保留下来的优势木得到很好的发育。从企业经营和造林方面看，上层抚育间伐比下层抚育间伐法有利。从 5 年林分生长量看，上层抚育间伐虽与下层抚育间伐法无大差异，但大径级树木材积生长量比下层抚育间伐法高 14%，并能有效地促进树冠的发育。上层抚育间伐对抵抗风、雪等自然灾害也无明显损失。从经济观点看，上层抚育间伐能收支相抵。

他认为行（带）状抚育间伐法（每隔几行伐除 1—2 行）最大的优点是：有利于机械化作业，工效高，集材和开支较少，林分生长量与下层抚育间伐法相比，5 年内无明显差异；对抵抗风、雪等灾害，只要避开冬季采伐或不是采伐后立即遭受风、雪灾害，也不会造成严重的损失。

克拉默于 1930—1974 年对挪威云杉林采用弱度、中度和强度三种下层抚育间伐法，分别在弱度、中度、强度方面与强度上层抚育间伐法进行了长期对比，结果如下：

1. 从胸高直径生长情况看，强度下层抚育间伐法显著大于其他强度的抚育间伐法，中度下层抚育间伐法大于弱度下层抚育间伐法，强度上层抚育间伐法到较老的林龄时平均胸径才大于中度下层抚育间伐法。另外从每种间伐强度的每公顷 100 株最大树木胸径生长情况看，强度下层抚育间伐法与强度上层抚育间伐法大致相同。

2. 从每公顷材积总收获量看，中度下层抚育间伐比强度下层抚育间伐和强度上层抚育间伐略高，但以上三种强度间伐均比弱度下层抚育间伐明显高。从小头直径 24 厘米以上的大径材收获量看，以强度下层抚育间伐最高。

3. 从每公顷年平均生长量看，在最后年龄阶段（45—64 年），中度下层抚育间伐比其他三个强度间伐年平均生长量都大。而以弱度下层抚育间伐最小。

4. 从经济纯收益看（扣除采运成本后的经济收益），以强度下层抚育间伐最高，其次为强度上层抚育间伐和中度下层抚育间伐，最低是弱度下层抚育间伐。

根据以上结果看，以采用强度下层抚育间伐法效果较好，其次是中度下层抚育间伐法和强度上层抚育间伐法，以弱度下层抚育间伐法效果最差。另外根据此试验，明确了一个主要问题，即抚育间伐同样可以影响优势木的生长。

四、英 国

1967—1974 年, G. J. Hamilton 对美国西加云杉、欧洲赤松、南欧黑松林等进行了各种形式的行状抚育间伐试验。其目的是查明不同形式的行状抚育间伐对保留木生长的影响, 如间伐强度相同, 砍、留的行(带)数不同, 对保留木生长的影响(如每 2 行伐 1 行, 每 4 行伐 2 行, 或每 6 行伐 3 行等进行对比), 或间伐强度不同, 砍、留行(带)数也不同对保留木的影响(如每 4 行伐 1 行, 每 3 行伐 1 行, 每 2 行伐 1 行, 或每 5 行伐 2 行及每 5 行伐 3 行等)。

他的研究结果如下:

1. 行(带)状间伐的处理。如不考虑采运方式和成本就没有可取之处。因为, 无论采用那种行(带)状间伐形式, 材积生长量几乎均不如相同间伐强度的选择性间伐高。

2. 各种形式的行(带)状间伐的处理。材积生长量是随间伐强度的增加而下降, 而以不间伐的对照区生长量最大, 以 4 行伐除 3 行处理的生长量最低。但各单行的生长量是随相邻间隙的宽度即伐除行数的增多而增大。保留行(带)的边行多形成优势, 而中间的行数对生长量的反应不很明显。如间伐强度相同, 砍、留行数不同, 砍、留行数越多, 单位面积生长量越低。

3. 任何形式的行(带)状间伐成本, 均比选择性间伐方法低。

五、法 国

J. 布雄于 1964—1965 年, 对欧洲赤松进行了不同抚育间伐方法和不同间伐强度的纵横对比试验, 所采用的间伐方法为: A. 下层抚育间伐; B. 上层抚育间伐; C. 自由抚育间伐; D. 综合

抚育间伐；E. 行状抚育间伐。每种抚育间伐均分别对照、弱度、中度、强度和极强度 5 种处理，配置成拉丁方。根据 1965 和 1975 年两次调查结果，每公顷断面积增长比数如下：

1. 试验情况：列与列之间（即间伐强度相同，各间伐方法之间）的差异不足 5%。行与行之间（即间伐方法相同，各间伐强度之间）的差异仅为 25%。

2. 作业情况：各间伐强度之间有很大差异，且非常明显，间伐强度越大保留木的生长越好，无论采用那种间伐方法都是如此。相反，各间伐方法之间的差异仅为 7%，其中上层抚育间伐法和自由抚育间伐法的生长量大于其他三种抚育间伐法。

六、对我国抚育间伐问题的意见

从上述几个国家对森林抚育间伐研究情况看，总的发展趋势，在抚育间伐方法方面，除继续深入地研究旧的选择性抚育间伐方法（如上层抚育、下层抚育、综合抚育等）外，为了适应机械化采运的需要，各国都很重视行（带）状抚育间伐方法的研究。在抚育间伐强度方面，为了减少间伐次数，节省劳力，降低成本，提高采伐量，同时有利于主伐木的生长，多向高强度、长间隔期的方向发展。另外在研究过程中也特别重视经济效果问题。

我国各省（区）、市都有很多新造的幼、中林，也有天然生长起来的次生幼、中林，其中大部分均为抚育间伐的对象。解放以来，针对抚育间伐问题，很多生产和科研单位做了不少工作，并取得了很大成绩，但是总的看来，尚处于试验研究阶段。到目前为止，对这方面的问题，还没有较确切的结论。过去多偏重于抚育间伐强度方面的研究，对抚育间伐方法的研究尚不多，今后必须加强这方面的研究。另外本着“洋为中用”的精神，应该根据我国具体情况，有分析的因地因林制宜地学习外国的先进技术和经验，以适

应我国林业现代化的需要。我们认为引用日本的根据树高、直径、材积与林分密度的关系编制“林分密度管理图”，并以此为基础，调制成抚育间伐标准表的经验是值得学习的，特别是对人工林更应加强研究引用。关于行（带）状抚育间伐方法问题，在我国基本上还是个空白点，该法的优点很多，如有利于采运机械化，能提高工效，简化工序，降低成本，因此在有条件的地区可以引用试验，并加强这方面的研究。另外在抚育间伐研究工作中，对经济效果问题也应给予足够的重视。

2. 日本近来关于收获量与密度相关的一些理论及其对辐射松人工林的应用

(美) T. John Drew James W. Flewelling

日本科学家对种内斗争的研究,已经总结出一系列有价值的理论,从而能简要地建立林分收获量与密度的数学模型。除粗略地比较、分析这些模型与建立一些更通用的收获量模型的方法外,本报告不讨论大量的北美文献中有关种内竞争的测度、指数或其数学模型问题。

从历史上看,图解法编制收获表也是为了预测未来的林分状况,而这对估测人工林蓄积量是十分重要的。为了简化起见,早期的收获表应用了法正蓄积量的概念。法正蓄积量是大量未受破坏的林分的平均蓄积水平。然而,非法正的林分,如果不用一些假定的修正技术就不可能用这些表来预测林分生长。

近来,由于电子计算机的突飞猛进,已经产生用年龄、立地条件和蓄积量等多因子结合预测生长量和收获量的复杂的回归数学模型。这些数学模型已经越过了法正概念,比早期的模型更为复杂。因为影响生长的许多变量互相影响,在建立最终的数学模型以前,只能通过变数变换寻优法找出它们的近似关系。所建立的预测模型如果是在经过检查的变量范围之内,则通常可以采纳。

也考虑到以有关生长生物学的逻辑命题为基础的数学模型。数学生长模型也能用于建立并改进说明生长理论一般规律的因果关系。Pienaar (1965) 希望“这样的理论能成为真正的科学经营管理森林和造林的基础,并且是判定理论提供切实可靠的基础。”

森林经营者需要这种工具，以便在经营制度范围内或在各种处理方案中作出合理的选择。这就必需用外推整个伐期龄中短期经验成果的技术，推导更适用的模型。

为了证明这种理论（可理解为一个树种收获量与密度相关的关系）的实用价值，我们用了未经疏伐的辐射松人工林的数据。此外，还用这些数据说明通用模型的精度。

一、最大尺寸—密度的关系

Yoda 和其他人（1963）关于种内竞争和枯死木的分析，导出了大家已经熟悉的自然稀疏 $3/2$ 次幂定律，用它描述任何年龄和立地条件的林分最大尺寸—密度的关系。Yoda 等人应用不同密度（单位面积上的株数）的小萝卜、大豆、芝麻和荞麦、苏丹草、玉米，来观察自然稀疏。他和他的同事们观察到，起始栽植密度较小时，没有自然枯死，但由于起始密度增大，播种后在一定的时间内保存的植物密度接近于固定的最大值。他们提出，在同龄纯林中，存在着随林分发育阶段而变化的最大总体密度。而且，随着时间的进展，它们的上限趋向集中到一个固定的密度水平上。在自然稀疏情况下，同样密度的荞麦植株其平均尺寸大于芝麻，对过密的耐性必然因植物种类不同而异。施肥能加速生长，但不能改变对于某种已知平均植物重量的最大密度。

在一系列达饱和密度的植物平均重量—密度的相关试验中，Yoda 等人（1963）在车前、加拿大飞蓬、美洲豚草、反枝苋、藜和其他草本植物中建立了样地。他们发现，“尽管年龄、生长阶段、立地和小生境条件不同，都可以用一条直线代表该植物植株尺寸—密度的关系（每个种在自然稀疏的情况下）。”

当画出平均植株重量的对数与密度对数的关系后可以看出，在每种情况下，直线的斜率接近于 -1.5 （图 2—1）。这一条已经

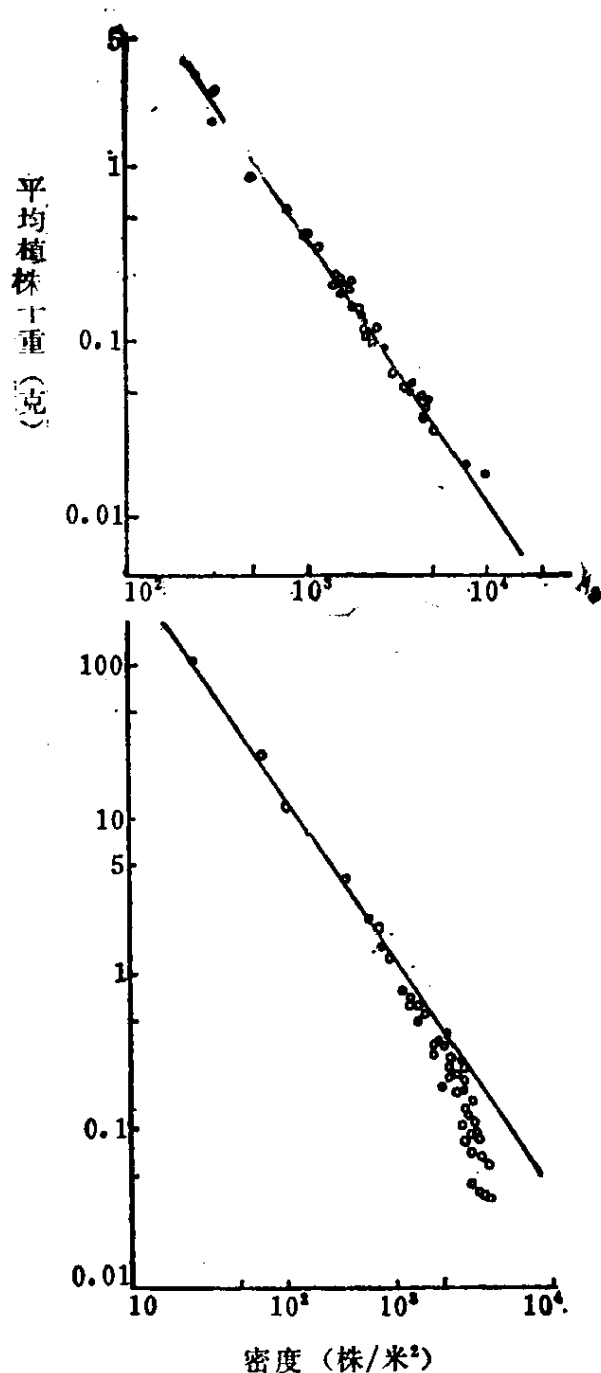


图 2—1 在车前 (上) 和加拿大飞蓬 (下) 过密样地上密度和 植株平均重量的对数相关

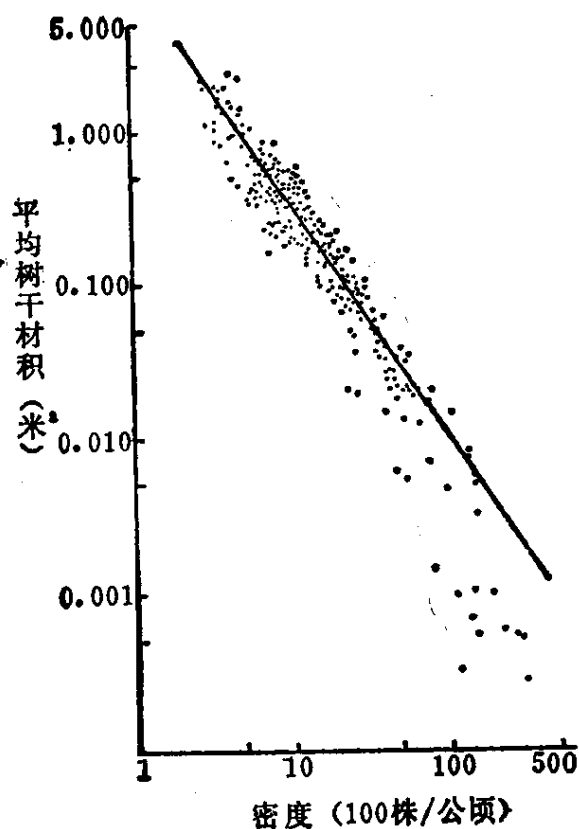


图 2—2 日本本州地区赤松天然纯林中, 平均树干材积和密度间的对数关系 (Yoda 等 1963)

成为自然稀疏的 $3/2$ 次幂定律的基础。

最大植株尺寸和密度间的这种关系是由 Yoda 等人导出的。

最大植株尺寸这个术语是指在某种林分条件下, 平均植株尺寸可达到的最大值, 而不是林分中个别最大的树木。对植株的空间要

求作了二个简单的假设。第一，同一种的植株具有独特的形状，与其大小或发育阶段无关。对不同的植株部分，期望有相同的生长速度。其实，很多树种已经显出不同的植株部分经常有不同的生长速度，最终的关系表现为异速生长规则 (Huxley 1932)。第二，当林地空间被某一树种完全占满后，必然会出现自然稀疏。

Yoda 等人 (1963) 对在任何发育阶段上被完全占据的生境，都用单位面积的植株 (ρ) 来说明每个植株所占平均土地面积 (S) 和现在密度之间的关系。

$$S \propto (1/\rho) \quad (1)$$

土地面积 (S) 和平均植株重量 (w) 的关系用量纲分析得到。这种基本量纲 (L) 指的是是一些未特别指出的植物部分的线性量测。

$$S \propto L^2 \text{ (面积是长度的二次函数)} \quad (2)$$

以及

$$w \propto L^3 \text{ (重量是长度的三次函数)} \quad (3)$$

因此

$$S \propto L^2 \propto (L^3)^{2/3} \propto (w)^{2/3} \quad (4)$$

取代 (1) 式中 (S)

$$\frac{1}{\rho} \propto (w)^{2/3} \quad (5)$$

即

$$w \propto (\rho)^{-3/2} \quad (6)$$

或

$$w = C(\rho)^{-3/2} \quad (7)$$

$$\ln(w) = \ln(C) - \frac{3}{2} \ln(\rho) \quad (8)$$

如果采用异速生长规则代替固定树木形状的假设 在最大尺寸—密度关系 (公式 6) 中的幂常数将是个无法测定的常数。然而， $-3/2$ 系数凭经验可以知道是因树种不同而变化的。Yoda 等人对库页岛冷杉和桦木过密林分画出了每株树木的地上部分平均干重对密度的相关图，并发现它们呈直线关系，斜率接近 $-3/2$ 。