

文章编号:1001-1498(2003)05-0636-06

抚育间伐对森林生长的影响及其模型研究

李春明, 杜纪山, 张会儒

(中国林业科学研究院资源信息研究所,北京 100091)

摘要:抚育间伐对森林生长的影响体现在很多方面,包括对林分生产力及其林分因子、林下植被及灌木、林下土壤和天然更新影响等方面。对国内外学者在这些方面的研究进行了综述,简单介绍了抚育间伐对森林生长影响的模型研究进展情况。指出了抚育间伐对森林生长影响研究方面存在的问题及今后的发展趋势。

关键词:抚育间伐;森林生长;林下植被;间伐效应模型

中图分类号:S753.5 **文献标识码:**A

抚育间伐在森林经营管理中起着十分重要的作用。合理的抚育间伐对改善森林林冠层的营养空间以及地下水肥的供应条件,保证林木个体和群体生长,提高森林生产力具有重要的理论和实践意义。研究抚育间伐对森林生长的影响及其模型,是优化抚育间伐作业体系、实现森林生长有效调控的需要。

1 抚育间伐对森林生长的影响

1.1 抚育间伐对林分生产力及林分因子的影响

林分生产力及其林分因子是目前研究抚育间伐对森林生长影响的重点内容。在对林分生产力影响的研究过程中,不同的抚育间伐会对林分生产力产生不同的影响。Baldwin^[1]在研究间伐对火炬松(*Pinus taeda* Linn.)林分的影响时认为所有的间伐都增加了树干、树叶、树枝和树冠生物量,间伐强度越大增加量越多,而且与小强度和未间伐林分相比树干尖削度也大。傅校平等^[2]在研究杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)人工林不同间伐强度对林分生物量的影响时,认为不同地位级的杉木林通过中、强度间伐可以提高林分平均单株生物量,与未间伐对照林分相比,其差异达到显著水平,说明间伐可以促进个体林木生长。不同的间伐强度能提高单株生物量,但因单位面积株数减少,故单位面积生物量并不随间伐强度任意加大而增加,反而会降低。抚育间伐对生产力影响方面的研究还有:Hytonen等进行抚育间伐对白桦(*Betula platyphylla* Suk.)生物量影响的研究^[3]、熊有强进行抚育间伐对杉木生物量影响的研究^[4]和胡万良进行抚育间伐对红松(*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.)林生物量影响的研究^[5]。

抚育间伐对林分因子影响的研究主要集中在不同间伐强度对胸径、断面积和蓄积的影响,对林分生态系统养分动态变化的影响和间伐作业措施对林木生长的影响等方面。由于各研究

收稿日期:2002-09-25

基金项目:国家“十五”科技攻关子课题(2001BA510B0701)和中国林科院重点基金项目(9990107)的部分研究内容

作者简介:李春明(1975—),男,河北承德人,在读硕士生。

者在树种、林分条件、间伐体制、轮伐期、调查计算方法等方面存在的差异,所得到的结论也各不相同,特别是对林分总收获量的影响方面目前还没有一个统一的定论。Knoebel^[6]等对美国鹅掌楸(*Liriodendron chinense* (Hemsl.) Sarg.)的间伐强度分析时认为间伐会减少收获;吴际友等^[7]认为抚育间伐会增加湿地松(*Pinus elliottii* Engelm.)林分的收获量;而 Clutter 等^[8]认为间伐对湿地松收获量基本无影响。但总体上可以归纳为以下几点:(1)无论是人工林或天然林,林分直径和蓄积的生长随间伐强度的加大而增加,而间伐对树高生长影响不大^[9]。(2)间伐后,林分的生态环境和营养空间都发生了变化,最终导致林木各器官中的养分含量发生变化。整个林分生态系统养分的积累均超过相应的未间伐林分^[10]。(3)间伐作业对叶生长量和茎生长量的影响要比集材作业显著,而这两种作业方式的交互作用对叶和茎生长量的影响都不显著^[11]。Zachara^[12]在研究择伐对欧洲赤松(*Pinus sylvestris* Linn.)林分结构影响时认为小强度间伐对林分结构没有大的影响,20%~30%的强度对改善林分的结构和树木生长效果较好。

从林分的生长过程来说,间伐产生两种效应,一种是伐后因保留林木生长空间的扩大而出现的林分增长效应,另一种是间伐去掉了一些林木而对林分生长的失去效应。因此,间伐对林分生产力和各因子的影响就取决于上述两种效应的相对大小,而这两种效应又与很多因素有关。在研究间伐对林分生产力和各因子的影响时要根据具体情况而定,否则会产生错误的结论。

1.2 抚育间伐对林下灌木和植被的影响

不同的抚育间伐方式对灌木和植被的影响主要体现在林下植被的物种多样性和生物量两个方面。这两个方面的变化,将会影响到土壤营养元素和微生物组成,进而会影响林分的生长和发育动态。因此研究抚育间伐对林下灌木和植被的影响十分必要。

目前抚育间伐对林下灌木和植被的影响主要从下面不同的角度来考虑:抚育间伐对林下植被的密度、盖度的影响^[4];对林下灌木和植被种类组成和结构变化的影响;对灌木和植被生物多样性的影响^[13]。很多学者研究证明,低强度间伐对植被种类、密度和盖度的影响相对较小,而中强度和大强度间伐对植被的种类、密度和盖度影响相对较大。一般情况下间伐强度越大植被的种类越丰富、密度和盖度也越大。不同的间伐强度除了对植被种类有较明显的影响外,对于植被结构也有较大的影响。低强度间伐造成的植被结构无明显垂直分化,基本是单层的;而中强度间伐的植被结构是复层的,有明显的垂直分化。因此提高间伐强度,不仅可以增加林下草本和灌木的种类,而且也可相应地提高每个物种的高度、盖度、增加植被和灌木出现的株数。在研究抚育间伐对林下植被和灌木的生物多样性影响方面,不同的学者得出的结论也不尽相同。许多研究认为,伐后物种多样性比伐前高。像 Smith 和 Miller^[14]在研究间伐对生物多样性影响时认为:集约间伐的林分比未间伐林分有更高的植物丰度;随着收获强度的增加,地被和灌木的盖度也随着增加。罗菊春等^[15]比较了长白山林区择伐后的红松林与皆伐后形成的白桦次生林的植物多样性,认为白桦林及其下层木的群落多样性高于红松林。另外一些研究则认为间伐对物种多样性无显著影响。Reader^[16]认为草本物种的数量和频度随上层部分间伐强度的增加而没有出现显著的变化。Gilliam^[17]在研究间伐强度对物种丰富度和多样性影响时,认为间伐后的成熟林和皆伐后的幼林草本层的物种多样性无显著变化。还有一些研究认为间伐和其它的人为干扰会导致草本植物丰度或多样性的长期下降,如 Buongiorno^[18]认为,任何包含采伐的森林经营都会对生物多样性产生负面的影响。

1.3 抚育间伐对林分土壤的影响

森林土壤是森林生态系统的重要组成部分,是林木赖以生存的物质基础^[19]。在森林经营中,长期保持土壤肥力已成为维护森林生态系统稳定和保证林业可持续发展的关键之一。抚育间伐会导致土壤的扰动,从而可能影响土壤水-气系统以及水分和养分的供应,导致水、气、热等条件的剧烈变化,从而使林下土壤的物理性质发生一系列变化。

张鼎华等^[20]在研究抚育间伐对土壤肥力的影响时发现,间伐后土壤微生物数量增加、土壤容重降低、总孔隙度和速效养分提高,土壤肥力得到了改善和提高。另外,抚育间伐对土壤水分也有很大的影响,景芸^[21]研究了间伐前后对土壤水分物理性质变化的影响,结果表明各种间伐作业后,土壤容积质量、结构体破坏率都有所增加;土壤水稳性团聚体含量有所下降,毛管孔隙度、非毛管孔隙度和总孔隙度比间伐前小。抚育间伐对土壤造成的干扰包括表土的移动、碾压、土壤结构的破坏、孔隙度的减少,有机质的重新分配和搅和等。这种干扰是长期存在的,间伐强度越大,对林地的干扰越严重。Rab 等^[22]研究发现,王桉(*Eucalyptus regnans* F. Muell.)林皆伐后大约有 73% 的迹地面积受到一定程度的干扰和破坏。但也有学者认为轻微干扰可以改善土壤孔隙,Woodward^[23]在择伐强度为 25% 的迹地上发现,间伐后土壤的孔隙状况并未恶化。

总之森林被抚育间伐之后,必将引起森林土壤动物和微生物区系的改变,以及水、热和其它物质的再分配,从而使土壤性质产生相应的变化。这种变化的程度,是以抚育间伐方式、间伐强度、间伐时间、林分类型和土壤母质的不同而不同的。因此,在研究间伐对土壤的影响时,要根据具体的间伐方式、间伐体制和间伐强度来确定产生的结果,进而确定一个合理的抚育间伐措施来改善土壤的肥力、调节土壤水分含量,促进林木的生长发育。

1.4 抚育间伐对森林天然更新的影响

长期以来,我国林区曾在一段时期内以获取木材为主,进行大面积、大强度的森林采伐,忽视了森林更新,更没有注意到各种抚育间伐强度对伐后森林恢复和增长的影响。随着森林更新问题逐渐被重视,研究间伐对森林更新影响的研究开始多起来^[24~26]。所采用的调查方法一般有典型路线法和定位与半定位的方法。如果两者结合起来使用,能获得更好的效果^[27]。经过研究表明:天然更新是比较可靠的更新方式,通过渐伐和择伐可以获得良好的天然更新,而皆伐后一般天然更新困难,大强度抚育只要达到一定条件,人工促进天然更新是能够成功的。渐伐和择伐后,不需进行代价很高的造林,就能完成树种组成极为理想的天然更新。

2 抚育间伐效应模型的研究

林分生长动态模型可以模拟和预测森林群落发生、发展的过程、变化的速度和机理,能深入了解环境变化情况下森林植被反应的特点和原因,能为合理地保护和持续利用森林资源提供理论基础、操作依据和数量指标^[28]。森林群落生长动态模型从最早的正常收获表到现代的单木模型几乎形成了一个连续的模型统一体。目前,生长模型正向两个方向发展^[29],一方面,由于生理生态学理论的发展、实验测定仪器及分析方法的改进,使得建立可解释生长原因的机理性模型成为可能,这类模型称为过程模型。另一方面是从模型的分类型研制而走向系统研究,从而推出了林分整体模型。在研究间伐对林分生长的影响时运用的模型种类很多,常用到的理论生长模型有 Logistic 方程、Richards 方程、Gompertz 模型、Von Bertalanffy 模型和 Korf 方程等。目前研究抚育间伐对林分生长的影响中用到的模型一般都是在上述几种理论生长模型的基础上,进行参数的扩

展和完善,大致有两类^[30],第一类是直接对间伐后的林分建立相应的模型系,第二类是在生长和收获的组成模型中以因子或其它形式考虑间伐所产生的效应,在可能的情况下,建立兼容的间伐和未间伐林分的生长和收获模型,如全林整体模型^[31]、径阶模型和单木模型。

抚育间伐对林分生长影响的研究主要包括对林分断面积、蓄积和生物量的影响。目前建立间伐效应影响的断面积生长模型大体有3种方法^[32]:一种是断面积采用同一方程,间伐林分和未间伐林分只在方程系数上不同,该方法无法反映不同间伐体制对断面积生长的影响,有相当的局限性;第二种方法是在间伐林分断面积预估模型中增加表示间伐体制的变量,这种方法就考虑了间伐和未间伐林分的相容性问题,具有较好的期望性质;第三种是从未间伐林分出发,实现间伐林分断面积的预估,这是Pienaar等提出的间伐林分断面积预估研究新思路。张少昂^[33]在兴安落叶松(*Larix gmelini* (Rupr.) Rupr.)天然林林分生长模型和可变密度收获表的研究过程中,从Von Bertalanffy生长法则出发,利用反映林分每公顷株数和林分平均直径之间关系的林分密度指数,由平均直径生长方程可推导出林分每公顷断面积的生长方程。李希菲^[34]等对张少昂的断面积生长方程做了进一步的改进,是Richards生长模型在地位质量和密度两个指标方向上的扩展。

在研究抚育间伐对林分蓄积的影响时通常会考虑以下4个因子:(1)、林分年龄;(2)、立地条件;(3)、林分密度;(4)、培育措施的应用。而蓄积生长模型则是在这4个因子的基础上,采用生物数学方法构造数学模型来预测林分蓄积的生长。抚育间伐对林分蓄积的影响的研究主要有^[29]:20世纪30年代由Schumacher和Chaiken等人用多元回归方法建立的收获模型,他们提出林分的收获量为林龄倒数的函数,且最先加入林分密度因子来预测林分收获。Oliver^[35]和Bennett等人采用林分断面积作为密度指标,既建立断面积生长的一致性蓄积模型,通常被称为显式模型。而Knoebel^[6]等人采用林分株数密度,即构造林分的存活木函数来预估林分的蓄积,通常被称为隐式模型。

测定林分生物量的回归模型有线形方程、对数回归、指数回归、多项式回归及幂函数方程等,最常用的方程是对数曲线方程: $y = ax^b$,又称“相对生长法”^[36],它以简单而被广泛采用。由于以往的生物量模型存在一个严重不足,即各维量模型间不相容,就是木材、树皮、枝和树叶四部分之和不等于总量。张会儒等^[37]根据生物量总量和各分量之间的相互依存性,将线性联立方程组用于解决模型相容性的思想和常规平差算法相结合,提出了非线性模型联合估计方法,较好地解决了非线性模型之间的不相容问题。

总之,抚育间伐效应模型对于科学地经营森林,使其向可持续发展的方向发展提供了依据。但由于具体的林分类型、生长阶段不同,特别是人工林受人为了的干涉,造成林木生长和生物量的差异,要找出一种适用于各种林分类型的模型是极其困难的,只能根据各地森林的实际情况,通过不同方法的实践比较,选择本地区合适的模型种类。

3 存在的问题及今后研究趋势

由于研究者在间伐时间、间伐方式、树种、立地、林分条件、轮伐期、调查计算方法以及经营目的等方面存在的差异,因此在研究抚育间伐对林分生长的影响时所得到的结论也各不相同。在经营单位内确定什么样的间伐和抚育方式更为合理,目前还没有一个明确的答案,应根据具体的实际情况,通过科学的研究方法来确定合理的抚育间伐。

(1) 基础研究数据不足^[38]。数据对于研究间伐效应是十分重要的,特别是在建立经验模型时没有充分的数据,模型的优劣就缺少判断依据。目前研究的数据存在着可比性差、复测次数少、观测时间短等问题。为了更好地进行间伐影响及其模型的研究,国内外加强了间伐基本数据的工作,如对本国的主要研究样地从林木种植开始就进行观测,保证研究所需的测定数据,并增加了数据的可比性和科学性。

(2) 在间伐体制方面^[32],多数模型把间伐方式和间伐强度两个要素单独考虑。另外,考虑的间伐自变量尚不足以连续地表达间伐强度和间伐方式的共同作用。所以,怎样在模型体系中更好地反映间伐强度并调控间伐体制,将会成为今后一个时期生长模型研究的重要方面;另外具有反馈性质的间伐经营模型和适应模型,非线性估计、联立方程等数学方法及计算机模拟和决策支持,整体模型都将使林分生长模型更加完善。

(3) 研究的方法和手段单一。今后在理论方面,要研究间伐对林分的生长规律的影响、对林分自然稀疏的影响、对树冠光结构的作用、对林木的生理和生化过程的影响等。在经验上将提高间伐效应模型的精度和应用性。

(4) 今后应加强间伐对森林景观方面、生态环境方面、森林的病虫害影响和森林野生动物多样性等方面的研究,逐步完善间伐效应的研究工作。

(5) 由于不能很好地评价间伐前后林分的其它干扰因素,所得出的各种结论可能存在一定的风险性。因此,在今后的间伐研究中要考虑其它可能对研究结果产生影响的因子,以免得出错误结论。

(6) 在研究间伐的影响时,如何协调好生物多样性价值与木材供求之间的关系,使森林的总效益最大,是另一个值得研究的问题。

参考文献:

- [1] Baldwin V C, Peterson K D. The effect of spacing and thinning on stand and tree characteristic of 38 year old loblolly pine[J]. Forest Ecology and Management, 2000, 137(3): 91 ~ 102
- [2] 傅校平. 杉木人工林不同间伐强度对林分生物量的影响[J]. 福建林业科技, 2000, 27(2): 41 ~ 43
- [3] Hytonen J, Issakainen J. Effect of repeated harvesting on biomass production and sprouting of *Betula pubescens* [J]. Biomass & Bioenergy, 2001(20): 237 ~ 245
- [4] 熊有强, 盛炜彤, 曾满生. 不同间伐强度杉木林下植被发育及生物量研究[J]. 林业科学研究, 1995, 8(4): 408 ~ 412
- [5] 胡万良, 谭学仁, 张放, 等. 抚育间伐对红松人工林生物量的影响[J]. 辽宁林业科技, 1999(2): 13 ~ 16, 49
- [6] Kroebel B C, Burkhardt H E, Beck D E. A growth and yield model for thinned stands of yellow-poplar[J]. For Sci, 1986, 32(2): 27, 62
- [7] 吴际友, 龙应忠, 董云平. 湿地松人工林间伐效果初步研究[J]. 林业科学研究, 1995, 8(6): 630 ~ 633
- [8] Clutter J L, Jones E P. Prediction of growth after thinning in old-field slash pine plantations[R]. USDA For Serv: Res Pap, 1980, SE - 217. 19
- [9] 董希斌. 采伐强度对落叶松生长量的影响[J]. 东北林业大学学报, 2001, 29(1): 44 ~ 47
- [10] 方海波, 田大伦. 间伐后杉木人工林生态系统生物产量的动态变化[J]. 中南林学院学报, 1999, 19(1): 16 ~ 19
- [11] 王国良. 不同采集作业措施对马尾松幼林生长的影响[J]. 林业科技开发, 2000, 14(4): 21 ~ 23
- [12] Zachara T. The influence of selective thinning on the social structure of the young scots pine stand[J]. Prace Instytutu Badawczego Lesnictwa Seria A, 2000, 3: 35 ~ 61
- [13] 雷相东. 东北过伐林区森林类型和采伐对物种和林分结构多样性的影响研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2000
- [14] Smith H C, Miller G W. Managing Appalachian hardwood stands using four regeneration practice — 34 years results[J]. North J Appl For, 1987, 4: 180 ~ 185

- [15] 罗菊春,王庆锁,牟长城,等. 干扰对天然红松林植物多样性的影响[J]. 林业科学,1997,33(6):498~503
- [16] Reader R J, Bricker B D. Value of selectively cut deciduous forest for understory herb conservation: an experimental assessment [J]. For Ecol Manage,1992,51:317~327
- [17] Gilliam F S, Turill N L, Adams M B. Herbaceous layer and overstory species in clearcut and mature central Appalachian hardwood forest[J]. Ecol Appl,1995,5(4):947~955
- [18] Buongiorno J, Dahir S. Tree size diversity and economic returns in uneven-aged forest stand[J]. For Sci,1994,40(1):83~103
- [19] Worrell R, Hampson A. The influence of some forest operations on the sustainable management of forest soils —— a review[J]. Forestry, 1997,70(1):61~85
- [20] 张鼎华,叶章发,范必有,等. 抚育间伐对人工林土壤肥力的影响[J]. 应用生态学报,2001,12(5):672~676
- [21] 景芸,肖火盛. 采伐前后土壤水分物理性质变化的研究[J]. 华东森林经理,1998(2):63~67
- [22] Rab. Changes in physical properties of soil associated with logging of *Eucalyptus regnans* forest in southeastern Australia [J]. Forest Ecology and Management,1994,70(3):215~219
- [23] Woodward C L. Soil compaction and topsoil removal effects on soil properties and seeding growth in Amazon Ecuador[J]. For Ecol Manage, 1996,82:197~209
- [24] Dickinson D F, Whigham S M. Tree regeneration in felling and natural treefall disturbances in a semideciduous tropical forest in Mexico [J]. Forest Ecology and Management,2000,134(1):137
- [25] Goudzwaard L, Bartelink H H. Effects of thinning and browsing on natural regeneration in oak-pine forests[J]. NBT,2001,73(3):23~27
- [26] 董希斌,安景瑞. 采伐强度对森林天然更新的影响[J]. 吉林林业科技,1997,1:23~25
- [27] H. 沃尔特. 世界植被——陆地生物圈的生态系统[M]. 北京:科学出版社,1984
- [28] 桑卫国,马克平,陈灵芝,等. 森林动态模型概论[J]. 植物学通报,1999,16(3):193~200
- [29] 李凤日. 落叶松人工林林分动态模拟系统的研究[D]. 北京:北京林业大学,1995.7~9
- [30] 杜纪山. 林木生长和收获预估模型的研究动态[J]. 世界林业研究,1999,12(4):19~22
- [31] 唐守正. 广西大青山马尾松全林整体模型生长模型及其应用[J]. 林业科学研究,1991,4(增):8~13
- [32] 杜纪山. 抚育间伐对林分生长效应的模型研究[D]. 北京:北京林业大学,1996
- [33] 张少昂. 兴安落叶松天然林林分生长模型和可变密度收获表的研究[J]. 东北林业大学学报,1986,14(3):17~25
- [34] 李希菲,唐守正,王松龄. 大岗山实验局杉木人工林可变密度收获表的编制[J]. 林业科学研究,1988,1(4):382~389
- [35] Oliver C D, Larson B C. Forest Stand Dynamics[M]. John Wiley and Sons, New York,1996
- [36] Ruark G A. Estimating crown biomass of shade tolerant and intolerant tree species with a variable allometric ratio[J]. Forest Growth Modeling and Prediction, 1988,2:1045~1052
- [37] 张会儒,唐守正,王奉瑜. 与材积兼容的生物量模型的建立及其估计方法研究[J]. 林业科学研究,1999,12(1):53~59
- [38] 杜纪山,唐守正. 抚育间伐对林分生长的效应及其模型研究[J]. 北京林业大学学报,1996,18(1):79~83

The Effects of Thinning on Forest Growth and Model Study

LI Chun-ming, DU Ji-shan, ZHANG Hui-ru

(Research Institute of Forest Resource Information Techniques, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract: The effects of thinning on forest growth embodied some aspects which mostly include the effects on stand productivity, stand factors, stand biomass, vegetation and shrubs under-forest, soil and so on. Studies of those aspects all over the world were summarized and the model studies actuality of effects on forest growth by thinning were introduced briefly. The problems existed and developing trends for the future in studies of the effects on forest growth were presented.

Key word: thinning; forest growth; understorey; thinning effect model