

文章编号: 1001-1498(2002)06-0727-07

# 人工林林下植被的研究现状

何芝玲<sup>1</sup>, 傅懋毅<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091; 2. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400)

**摘要:** 本文从林下植被的演替时序及其与干扰的关系、林下植被与上层林木的关系及林下植被作用研究等 3 个重要侧面, 系统总结了近 20 年来林下植被的研究现状与热点问题。在没有外界因子干扰的情况下, 林下植被的演替将随着时间的推移与林分的发育同时进行, 总体上呈现出发育—萎缩—发育的阶段。当受到外界的干扰后, 林下植被的特征会发生改变, 表现在生物量、数量、高度、盖度等方面的变化, 而变化的幅度与干扰的类型和强度有密切相关; 林下植被对上木的影响分为促进和竞争两个方面; 目前对于林下植被的指示作用、地力维持与改良有着比较系统的研究, 但对其水文效益、增加物种多样性与效益评价的研究有待深入。

**关键词:** 林下植被; 人工林; 植被演替; 维护地力作用

**中图分类号:** S718.3

**文献标识码:** A

林下植被作为森林生态系统的—个重要组成部分, 它们在维护森林的多样性、生态功能稳定性和持续立地生产力方面具有独特的功能和作用。林下植被的研究已有上百年的历史, 其在森林群落分类、立地指示、森林演替及长期生产力维护等方面具有不可忽视的作用, 因此日益受到国内外科研人员的关注。林下植被的研究最早可以追溯到 19 世纪末<sup>[1,2]</sup>, 主要研究其对立地的指示作用。随后的研究中, 林下植被在森林群落分类、森林更新演替、竞争关系及生态功能方面的研究开始逐渐得以深化(主要在针叶林中)。近 20 年来, 林下植被在林分养分循环以及稳定林分生产力方面开始受到重视<sup>[3,4]</sup>; 同时, 研究的对象也逐渐扩大<sup>[5-8]</sup>。目前, 林下植被研究的焦点主要集中于以下几个方面: (1) 林下植被的演替与生态系统的平衡与发展; (2) 林下植被与生态系统的其他组成成分之间的相互作用关系; (3) 林下植被在生态系统中的作用。

## 1 林下植被的演替时序及其与干扰的关系

林下植被演替的研究主要围绕时间序列或受到干扰时林下植被的演替动态进行。

Alaback P, B<sup>[9,10]</sup>运用多维分析方法, 以空间代时间的方法研究了采伐迹地上林下植被的生物量在 0—300 a 间的演替变化。在 0—5 a 内, 采伐迹地上遗留下来的灌木和树苗生长呈上升趋势; 在 15—25 a 内, 林下植被的生物量达到峰值; 到了 26—35 a 间, 林冠开始郁闭, 灌木和草本实际上已经开始消失。在接下来的 100 a 里, 蕨类和苔藓层的生物量是林下植被生物量的主要组成部分。随着时间的继续推移, 林分发育到 140—160 a 间, 一些落叶灌木和

收稿日期: 2001-05-10

基金项目: 国家九五攻关课题“工业用竹材培育及加工工艺技术研究”(课题号: 96-011-02-07)

作者简介: 何芝玲(1975-), 女, 广西昭平人, 博士生。

草本开始重新出现在林下,灌木、草本、蕨类的生物量在持续增长而苔藓的生物量和林木的生产力开始衰退。林下植被生物量从高生产力转变为低生产力,系统从灌木占优势(大于  $500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )发展到蕨类占优势(小于  $200 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )。在林下植被的物种组成及其数量特征方面的演替也有短期的报道<sup>[11,12]</sup>。在近 30 a 的研究过程中,随着林龄的增加、林分郁闭度的加大,原次生林下的草本植物在种类、盖度、高度和多度上相对减少,但荫性杂草有所增加。不过,由于上一代林分类型的形成、土壤、小气候或受到的干扰等不同种种相关因子的影响,不是所有林分中的林下植被都遵循这种演替序列。

林下植被受到的最常见的外界干扰主要是控制火烧和采伐,其余还有施肥、灌溉、放牧及病虫害袭击等。干扰的结果通常导致林下植被在物种组分<sup>[12-14]</sup>、灌草的比例、个体生长状况<sup>[15,16]</sup>、生物量的积累和空间分布格局<sup>[17-19]</sup>、体内营养元素的积累和分布<sup>[20,21]</sup>、群落内物种间的关系<sup>[22]</sup>、生物多样性<sup>[23]</sup>等方面发生变化。在没有外界因子干扰的情况下,林下植被的演替将随着时间的推移与林分的发育同时进行,总体上呈现出发育—萎缩—发育的阶段。在各个时期内充当主角的是不同的组分,先是草本、灌木,接下来是蕨类、苔藓。当林分的生产力开始下降时,灌草又重新出现在林分中。当受到外界的干扰后,林下植被的特征会发生改变,表现在生物量、数量、高度、盖度等方面的变化,而变化的幅度与干扰的类型和强度密切相关。

## 2 林下植被与上层林木的关系

目前有关林下植被与上层林木关系的研究主要集中在两者的互相作用对个体生长、群体演替等方面的影响。

### 2.1 上层林木对林下植被的影响

一方面,林分上木通常因为冠形、冠层结构的差异或树种的组分不同以及林分密度的大小而对林下植被的生长、分布有着较大的影响<sup>[10,24-27]</sup>。上木的冠型、树种的组分、密度的改变都会引起林下植被的改变,上木对林下植被的作用机制实质上是通过控制光照为主的环境因子的变化来影响林下植被的发育。林分密度对林下植被的影响机制是多方面的,它可以通过改变林分内的温湿度等环境条件来限制林下植被的生长<sup>[28]</sup>,但主要通过改变林分中的光资源来引起下层植被在生长上的反应,因为获光率是影响林下植被生存和生长的潜在因素。林地内部光照的改变将影响到林下植被种类、数量和生物量的分布。密度过大的林分还会影响单位面积林下植被的生物量、平均高、植被总盖度以及生活力的大小<sup>[29]</sup>。

另一方面,不同的上木组分由于树种不同,其提供的凋落物的数量、凋落物所含营养成分以及腐殖质不同,加上树干产生的径流量和径流所含的元素也由于树种不同而不同从而对立木周围的林地土壤养分、pH 值产生本质的影响,因而有可能改变林下植被的生长。

### 2.2 林下植被对上层林木的影响

林下植被对上木的生长、更新以及对上木施肥效果所产生的影响一直是研究者们关心的问题。但林下植被的存在是否对上木生长造成影响,目前并没有十分肯定的答案。

从物候学角度看,在干旱地区林下植被中的草本层与上层乔木的物候发展是同步的,它们从不同深度的土壤中吸取水分,因而不存在竞争关系<sup>[30]</sup>。从空间结构上看,象热带雨林中下层的一种小型耐荫攀缘竹,既不能通过其冠层来占领空间,又不能靠其鞭根来获得地下空间的的优势,从而对乔木的生存、组分和更新没有影响<sup>[31]</sup>。但林下植被对上木的树高、基面积、每

公顷(每木)的总材积及干形影响在众多的研究中已有基本一致的看法。即在林分郁闭前,清除杂草可以明显影响以上几个指标。在林分郁闭后,各树种对除去林下植被的反应并不一致,有报道称除杂有明显收效,也有报道称上木对此措施无任何反应。

林下植被的存在或多或少会影响到上木的更新,但这种影响可以分为积极的和消极的。1 年生的草本,因为生长周期只有 1 a,通常认为对上木更新没有构成障碍。虽然一些草本的存在在几年内的确减缓了实生苗的生长速度,但对它的更新和生存并不造成威胁。灌木由于其特有的鞭、根系统和对水肥条件的竞争力,比草本来说对更新造成的障碍要大一些。但林下植被对上木更新的影响不能认为仅仅是两者之间单纯的作用与反作用的关系,它的影响力度与生境的其他因子诸如温度、湿度的综合作用有关。另外,林下植被的存在可能会促进上木的更新<sup>[32]</sup>。

总之,不同的上木对林下植被的竞争反应不一,灌、草的存在可能对某些树种的更新造成障碍,但也有可能影响不大甚至在间接上能促进其生存,乔木自身拥有的更新能力或许更大程度上决定了其更新的成功率。

关于林下植被对施肥的影响有两种看法,一种认为灌木的存在会使得上木吸收肥力的能力下降,除去灌木后施肥可以提高上木胸径、生物量的生长量;如果施用的 N 肥大部分被林下植被所吸收固定,那么在林木生长停滞期所释放的肥效就会减少,从而达不到施肥的预期目的;另一种观点是,有林下植被的林分中 N 的总吸收量较高,因为施肥后林下植被的快速吸收,减少了 N 的流失量。

综上所述,林下植被对上木的影响也是促进和竞争两个方面的。具体表现在:在新造幼林中,林下植被可能对某些目的树种生长所需的营养和生长空间有竞争作用从而影响其生长;另一方面林下植被的存在间接保护了上木种子,从而促进其更新。在趋于郁闭或郁闭的林分以及老龄林分中,林下植被的不利竞争明显减弱,或不存在不利的竞争影响。在营养方面,由于林下植被的存在在短期内可能对上木造成营养竞争,但是由于林下植被能起到养分“库源”的作用,能够以凋落物等多种形式把养分回归森林系统,在养分方面起到积极作用。

### 3 林下植被作用的研究

林下植被的作用一直得到广泛的关注,特别是 20 世纪 20 年代以来,对它的研究更为深入。主要的研究集中在以下几个方面:

#### 3.1 对立地质量的指示作用

有关林下植被的研究最早是围绕其对立地的指示作用展开的<sup>[21]</sup>。它的指示作用主要通过其包含的物种及其分布模式所表现出来的与立地指数间的高度相关性显示出来。

立地因子既可以控制林木的生长,又可以控制与它们有关的林下植被的分布和数量,林下植被的盖度和丰富度随着立地质量的增加而变化。在一定的立地指数水平上,林下植被可以作为该林分立地生产力的指示物,还可以预测森林立地质量。对立地指数进行回归分析表明,如果只有 10 个物种的相关系数达 40% 以上,而立地指数低于 21,则不存在好的指示种。

林下植被只有在其发育到一定的阶段才有较好的指示能力。此时可以通过其类型对人工林立地类型及立地质量进行指示,还可以作为划分人工林有林地的立地类型和评价立地质量的依据之一。但是林下植被指示作用的一个缺陷是其指示意义外延性较差,指示作用的调查

结果不能无限外推<sup>[33]</sup>。在某些林分,如加拿大安大略省的黑云杉(*Picea mariana* B. S. P.)林,英国南部哥伦比亚花旗松(*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco)林中,林下植被不足以起到指示作用。

林下植被除了对立地具有一定的指示作用外,它还可以作为腐殖质形态的指示物。通过检验林下植被中能指示土壤富N的种的空间分布模式来分辨腐殖质的分布。林下植被中最敏感的地衣苔藓层还可以指示由酸沉降引起的植被变化。

### 3.2 在养分循环中的作用

养分循环与森林生产力有密切关系,养分的吸收和循环调节着森林生态系统的生产力。林下植被是林分中重要的组成部分,虽然在森林总生物量中它仅占很小一部分,在结构上也小于乔木,但其生物量和养分循环的周转率却比上木快得多(同为地上部分前者为34.43%,后者为2%~5%)<sup>[34]</sup>。也就是说,它在森林总生产力和物质养分循环中起的作用,要比其在生物量方面的贡献大得多,在结构过于简单的人工林系统中显得尤为重要。20世纪90年代以来,关于林下植被(尤其是人工林)在养分循环中的作用的研究日益受到重视。

林下植被在系统中充当一个库源的角色。首先是对物质营养元素的吸收和积累,然后通过有机物形式归还土壤,同时促进上木枯落物的分解,提高养分归还速率。

在湖南会同的21~23年生杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)人工林中,灌木层和草本层的植物营养元素积累量分别为34.46和66.91 kg·hm<sup>-2</sup>,离调查最近1a的积累量分别占总量的21.5%及86.5%。若以1t干物质中的营养元素加以比较,则呈现出草本植物>灌木>上层乔木树种。在植物体各器官中叶片积累的营养元素含量最高,而草本的叶子所积累的含量要比灌木和乔木高<sup>[35]</sup>。在华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii* Mayr)林中,林下植被的养分含量也十分丰富,如下木叶与针叶含量之比为:N,1.5;P,1.1;K,7.5;Ca,8.4;Mg,4.3;Cu,3.4;Zn,2.5;Fe,4.1;Mn,1.5,草本叶与针叶含量之比为:N,1.4;P,1.6;K,7.0;Ca,5.2;Mg,5.5;Cu,4.1;Zn,1.8;Fe,2.7;Mn,1.5<sup>[36]</sup>。

尽管林下植被的年净生产量只占群落总生产量的1/4左右,每年产生的枯枝落叶量也只占总量的3%~15%,但营养元素积累却大于林木层,且大部分养分当年就以有机物的形式归还给土壤,林下植被每年返回土壤的营养元素约占林分总归还量的1/4。林下植被尤其是草本植物吸收养分的95%以凋落物形式归还;加上草本植物凋落物极易分解,所以养分释放、归还速度相当快。更重要的一点是林下植被的枯落物还能加速上木(特别是针叶树)凋落物的分解速度,最高可以达到1倍。

### 3.3 维持地力和改良土壤的作用

林下植被的存在,增加了土层中主要营养元素及有机质含量,促进了林地养分的有效化。同时,林下植被还对林地有改良作用。主要是通过其根系的活动,枯落物的分解,直接增加了土壤中有有机养分和无机养分的含量,并在数值上与林下植被盖度大小密切相关<sup>[37-41]</sup>。

林下植被的发育对林地的改良作用主要体现在以下几个方面:

(1)改良土壤的性质。如在16地位指数的杉木林中,有机质水解N、速效K、Ca和Mg在5~15cm土层有明显的增加;此外,在林下植被丛内的有机质要比附近植丛间空地高出10.9%,而且由于林下植被的作用,营养元素从土壤下层向表层集积。表层0~5cm土层中营养元素均高于6~15cm土层,且丛内高出的幅度要比丛间大;但林下植被对土壤性质的影响主要对

0—5 cm 土层效用较明显,而对 6—15 cm 土层明显减弱。

(2) 促进 3 大微生物数量及其生物量的增加。在立地指数 14—18 的杉木林下,林下植被盖度为 60%—79% 的样地比 20%—39% 的样地细菌数量增加了 3.7%—124.6%,放线菌 (*Frankia*) 增加了 19.66%—71.05%,真菌增加了 15.30%—125.73%。

(3) 提高了土壤酶的活性。在立地指数 14—18 的杉木林里,磷酸酶的活性在林下植被盖度大的样地比林下植被盖度小的样地提高了 14.98%—62.5%,转化酶相应提高了 12.5%—62.76%,多酚氧化酶提高了 7.00%—20.77%,脲酶提高了 3.95%—42.55%,过氢氧化酶提高了 17.14%—43.77%。

(4) 林下植被的发育增加了腐殖质全 C 量的含量、胡敏酸总 C 量及胡敏素的百分含量。提高幅度分别为 19.00%—45.52%,16.74%—33.76%,20.67%—58.69%。

(5) 明显影响土壤中水稳性团聚体的数量。林下植被对地力的影响能力与其生物量大小及类型有关。生物量愈多,其影响力愈大,当生物量大于  $5 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$  时,就能明显地检测出林下植被维护和提高立地的能力。但林下植被的发育与林分的密度、郁闭度、透光度有密切关系,因此许多学者提出了通过间伐使林分的密度控制在 0.7 以下,从而使林下植被发育迅速,增加土壤中 3 大类微生物的数量,从而有效地维护和恢复土壤功能。

近年来,林下植被对土壤微量元素的影响开始受到重视<sup>[42]</sup>。不同类型的林下植被对不同立地的林分的 B、Mo、Cu、Mn、Zn 等微量元素有不同的影响。

### 3.4 水文效益

林下植被起着拦截和过滤地表径流的作用,有利于水土保持;在涵养水源、保持水土、保护环境等方面也有重要的作用<sup>[43]</sup>。

林下植被保持水土的能力与其盖度有密切关系。大岗山 9 年生的杉木纯林,从实施间伐后,林下植被的盖度从 1988 年的 5%,增加到 1989 年的 16.7% 和 1990 年的 40%,地表径流中的含沙率相应为 0.20%、0.022%、0.0161%,可见地表径流中的含沙量是随着林下植被覆盖度的逐年增加而减少的,因此其减少泥土流失的作用十分有效。

林下植被的存在还影响了土壤的孔隙度,可以降低土壤中大孔隙、中孔隙率和土壤硬度。林下植被发育好的林地,其土壤的渗透能力比林下植被少的或几乎为裸地的林分强。

因此,在各项森林水文效益的研究中,不应忽视林下植被这一层,关于林下植被水文效益等方面的研究还需进一步加强。

### 3.5 增加林分的物种多样性

在大部分森林中,在一个地区内只有 2—3 种主要的上层树种,但却拥有 10 倍以上的林下灌草和蕨类。林下植被通过在林分不断形成的林隙中表现出来的生长和空间分布的多相性来实现森林生态系统的多样性。灌草的存在还能为野生动物提供草料和栖息之处,因此林下植被对于促进整个系统的物种多样性,特别是人工林系统的多样性显得很重要<sup>[44]</sup>。

国内有专家提出,由于人工林结构简单,特别是高产人工林,往往密度很大,林下植被不发达。而森林类型及森林组成结构的多样性是造成生境多样性的根本,植物、动物、微生物等物种的丰富度和多样性与生境密切相关。人工林森林类型,森林群落结构,生物种类都很简单,使得人工林在生态系统上十分脆弱,其适应和维护地力的能力也大大下降。通过适当的营林措施,促进林下植被的发育对整个人工林生态系统的稳定性和多样性发展都有重要意义<sup>[45]</sup>。

总之,林下植被在维护长期立地生产力中至少有下列作用:(1)通过稳定土壤来降低土壤侵蚀、养分流失以及减少降雨的冲刷影响;(2)作为养分的贮存库以减少淋溶作用;(3)维护与目标树种之间的养分循环;(4)固 N;(5)对多样和有益的土壤微生物有利。

### 参考文献:

- [1] 方奇. 杉木连栽对土壤肥力及杉木生长的影响[J]. 林业科学, 1987, 23(4): 289-397
- [2] R H 费特克. 植物群落分类[M]. 周纪纶等译. 北京: 科学出版社, 1985. 60-81
- [3] 阳含熙. 植物与植物的指示意义[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1963, 1(2): 24-30
- [4] 冯宗炜, 陈楚莹, 王开平, 等. 亚热带杉木纯林生态系统中营养元素的积累、分配和循环研究[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1985, 9(4): 245-256
- [5] 江业根, 洪顺山. 毛竹林下植被对土壤氮素、有机质含量影响的调查研究[J]. 竹类研究, 1987, (2): 21-25
- [6] 曹群根. 毛竹林生态系统养分动态的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 1998
- [7] 徐荣生. 论林下植被保护问题[A]. “竹业走向 21 世纪”国际竹子研讨会. 浙江安吉, 1997
- [8] 何芝玲. 不同类型毛竹林下植被的发育状况及其与土壤养分关系的研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2000
- [9] Alaback P B. Plant succession following logging in the Sitka spruce-western hemlock forest of southeast Alaska: implications for management[R]. USDA For Serv Gen Tech Rep, 1984. PNW-173
- [10] Alaback P B. Dynamics of understory biomass in Sitka spruce-western hemlock forests of southeast Alaska[J]. Ecology, 1982, 63: 1932-1948
- [11] 王秉术. 落叶松人工林采伐前后下层植被的演替[J]. 东北林业大学学报, 1996, 24(5): 82-85
- [12] 林开敏, 马祥庆, 范少辉, 等. 杉木人工林林下植被的消长规律[J]. 福建林学院学报, 2000, 20(3): 231-234
- [13] Kellner O, Märshagen M. Effects of irrigation and fertilization on the ground vegetation in a 130-year-old stand of Scots pine[J]. Can J For Res, 1991, 21: 773-738
- [14] 刘克彪. 不同密度人工梭梭林土壤含水量和林下植被的演替[J]. 防护林科技, 1998, (2): 12-15
- [15] Prescott C E, Coward L P, Weetman G F, et al. Effects of repeated nitrogen fertilization on the ericaceous shrub, salal (*Gaultheria shallon*), in two coastal Douglas-fir forest[J]. For Ecol Manage, 1993, 61: 45-60
- [16] 林开敏, 郭玉硕, 俞新妥, 等. 老龄杉木林下植被成分结构特征[J]. 福建林学院学报, 1999, 19(2): 35-41
- [17] Andariese S W, Covington W W. Changes in understory production for three prescribed burns of different ages in Ponderosa pine[J]. For Eco Man, 1986, 14: 193-203
- [18] 姚茂和, 盛炜彤. 杉木林下植被及其生物量的研究[J]. 林业科学, 1995, 27(6): 56-61
- [19] 熊有强, 盛炜彤, 曾满生. 不同间伐强度林下植被发育及生物量研究[J]. 林业科学研究, 1995, 18(4): 408-412
- [20] 方海波. 杉木人工林间伐后林下植被生物量的研究[J]. 中南林学院学报, 1998, 18(1): 32-39
- [21] 方海波. 杉木人工林间伐后林下植被养分动态的研究: 林下植被营养元素含量特点与积累动态[J]. 中南林学院学报[J]. 1998, 18(2): 105-111
- [22] Kellner O. Effects on associated flora of silvicultural nitrogen fertilization repeated at long interval[J]. J Appl Ecol, 1993, 30: 563-574
- [23] 沈家芬, 田大伦. 杉木人工林群落过程中物种多样性变化趋势[J]. 林业科学, 1997, (增刊 2): 110-115
- [24] Stewart G H. Forest development in canopy opening in old-growth Pseudotsuga forest the western Cascade Rang, Oregon[J]. Can J For Res, 1986, 16: 558-568
- [25] Chazdon R L, Pearcy R W, Lee D W, et al. Photosynthetic responses of tropical forest plants to contrasting light environments[A]. In: Tropical Forest Plant Ecophysiology[C]. Smith A P, Mulkey S, Chazdon R, Chapman & Hall Press, 1996. 5-55
- [26] Randy P K, Robin L C. Effects of canopy species dominance on understory light availability in low-elevation secondary forest stands in Costa Rica[J]. Journal Tropical Ecology, 1996, 12: 779-788
- [27] 盛炜彤. 不同密度杉木人工林林下植被发育与演替的定位研究[J]. 林业科学研究, 2001, 14(5): 463-471
- [28] Holah J C, Wilson M V, Hansen E M. Effects of a native forest pathogen, *Phellinus weirii*, on Douglas-fir forest composition in western Oregon[J]. Can J For Res, 1993, 23: 2473-2480

- [29] 林开敏, 余新妥, 何智英, 等. 不同密度杉木林分生物量结构与土壤肥力差异研究[J]. 林业科学, 1996, 32(2): 105-112
- [30] Akpo L E. Phenological interactions between tree and understory herbaceous vegetation of a Sahelian semi-arid savanna[J]. Plant Ecology, 1997, 131(2): 241-248
- [31] Young K R. Natural history of an understory bamboo (*Chusquea* sp.) in a tropical timberline forest[J]. Biotropica, 1991, 23(4b): 542-554
- [32] Caccia F D, Ballare C L. Effects of tree cover, understory vegetation, and litter on regeneration of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) in southwestern Argentina[J]. Can J For Res, 1998, 28(5): 683-692
- [33] 姚茂和, 盛炜彤, 熊有强. 杉木人工林下植被对立地的指示意义[J]. 林业科学, 1992, 28(3): 208-212
- [34] Chapin F S. Nitrogen and phosphorus nutrition and nutrition cycling by evergreen and deciduous understory shrubs in an Alaskan black spruce forests[J]. Can J For Res, 1983, 13(5): 773-781
- [35] 刘世荣, 蒋有绪. 中国暖温带森林生物多样性研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1998. 90-144
- [36] 刘世荣. 东北东部山区落叶松人工林潜在地力衰退的趋势及其防治对策[A]. 见: 盛炜彤. 人工林地力衰退研究[M]. 北京: 中国科技出版社, 1992, 284-289
- [37] 盛炜彤, 杨承栋. 关于杉木林下植被对改良土壤性质效用的研究[J]. 生态学报, 1997, 17(4): 377-385
- [38] 杨承栋, 焦如珍. 杉木林下植被对 5-15 cm 土壤性质的改良[J]. 林业科学研究, 1995, 8(5): 514-519
- [39] 方奇. 加强土壤和地被物管理对杉木人工林生态系统生物能量利用与养分循环的影响[J]. 林业科学, 1990, 20(3): 128-133
- [40] 杨承栋, 焦如珍. 发育林下植被是恢复杉木人工林地力的重要途径[J]. 林业科学, 1995, 31(3): 316-322
- [41] 杨承栋, 屠南星, 姚茂和, 等. 杉木林下植被对改良土壤理化、生物特性的效用[A]. 见: 盛炜彤. 人工林地力衰退研究[M]. 北京: 中国科技出版社, 1992. 276-283
- [42] 俞元春. 林下植被对杉木林土壤微量元素状况的影响[J]. 南京林业大学学报, 1998, 22(2): 33-41
- [43] 张先仪, 邓宗付, 李旭明. 间伐杉木林下植被演替和水土保持影响的研究[A]. 见: 盛炜彤. 人工林地力衰退研究[M]. 北京: 中国科技出版社, 1992. 168-180
- [44] 盛炜彤. 我国人工用材林发展中的生态问题及治理对策[J]. 世界林业研究, 1995, 8(2): 51-55
- [45] 姚茂和, 盛炜彤, 熊有强. 林下植被对杉木林地力影响的研究[J]. 林业科学研究, 1991, 4(3): 247-251

## Review of Studies on Understorey of Plantations

HE Yi-ling<sup>1</sup>, FU Mao-yi<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China;

2. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China)

**Abstract:** Research on understorey of plantation in recent 20 years are reviewed. As one of the important ingredients in forest ecosystem, understorey takes important role in the plantation system that with simple structure, which interested the forest researcher at home and abroad. Those research focus on the understorey succession, the relationship between dominant species and understorey, the effect of understorey. Without disturbance, the succession sequence is: growth-decay-growth. The biomass, quantity, height and cover degree changes under different category and intensity disturbance. The relationship between understorey and dominant species appears in two aspects: they are cooperation and competition. The relevancy and complementarity of these three sections in understorey, improvement of biodiversity, and its hydrological function should be emphasized, at the same time, criterion system of evaluation of understorey function should be established.

**Key words:** understorey; plantation; understorey succession; understorey function