

渐伐对草类-兴安落叶松林下植被多样性的影响

王飞¹, 张秋良^{1*}, 马秀枝¹, 王立明²

1. 内蒙古农业大学林学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 武警警种指挥学校, 北京 102202

摘要: 生物多样性关系到森林生态系统的稳定性及其功能的正常发挥, 渐伐可为林下更新创造有利条件, 进而对林下植被多样性产生影响。在大兴安岭兴安落叶松 (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) 林区, 采用空间代替时间的方法, 应用 Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数和 Pielou 均匀度指数, 以原始林为对照, 研究不同林龄草类-兴安落叶松渐伐林下植被物种多样性的变化规律。结果表明: 在群落恢复过程中, 渐伐林灌木层多样性指数呈先升高后降低的变化规律, 草本层呈“降低→升高→降低”的趋势, 且渐伐林在灌木层多样性指数最高的中龄林时期, 草本层多样性指数最低; 而原始林在生长发育过程中林下植被多样性指数变化规律一致, 均呈“升高→降低→升高”的趋势; 渐伐林和原始林林下植被多样性指数均在演替中期 (中龄林或近熟林) 最高, 演替前期和后期相对降低。对比灌木层和草本层发现, 渐伐林和原始林各龄林的 Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数均为草本层 > 灌木层。与原始林相比较, 渐伐后群落各龄林灌木层 Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数和均匀性指数及草本层均匀性指数均显著增加, 可见渐伐有利于林下植被的发育和多样性的提高。

关键词: 兴安落叶松; 林下植被; 多样性指数

中图分类号: Q948 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-5906 (2012) 05-0813-05

林下植被由林下灌木层和草本层共同组成, 是森林生态系统的一个重要组成部分, 对于维持森林物种多样性、水土保持及促进林分养分循环等方面具有不可忽视的作用^[1]。尤其对于垂直结构简单、树种单一的寒温带兴安落叶松林来说, 建群种兴安落叶松 (*Larix gmelinii*(Rupr.)Rupr.) 的生态优势度高, 生态幅广, 相应与兴安落叶松不同生境生长的下层植物生态幅很狭窄, 彼此间种类和数量差异非常明显。因而, 林下植物的组成和发育状况成为兴安落叶松林林型的划分依据, 可见林下植被组成及多样性对于兴安落叶松林而言具有非常重要的意义。

国内外的研究发现, 不同环境条件及干扰体系将在很大程度上决定次生林的恢复^[2-6], 近年来关于大兴安岭兴安落叶松林林分结构的研究, 多集中在乔木层, 大多是从干扰方式 (原始林、渐伐林、皆伐林)、林型及密度制约的角度出发, 研究其径级分布、更新及空间分布格局等^[7-9], 也有区系与生物多样性的概述^[10-11], 而林下植被研究仅是对比过未采伐干扰和不同采伐干扰条件下生活型谱、优势层片和生态类群的变化规律^[11], 对林下植被随林龄的动态变化规律尚无人涉及。因此, 本文以大兴安岭林区生产力最大的草类-兴安落叶松林为研究对象, 首次对比渐伐林和原始林在不同生长发育阶段林下植被多样性

变化规律及差异, 其结果将有助于深刻认识兴安落叶松次生林恢复机制, 便于针对原始林和渐伐林在不同生长发育阶段确定相应的管理模式和恢复目标, 实现在有效利用兴安落叶松林木材资源的同时, 维持林下植被多样性。

1 试验地概况

研究区设在国家林业局所属大兴安岭森林生态系统国家野外科学观测研究站试验区内, 位于根河林业局潮查林场境内 (50°49'—50°51'N, 121°30'—121°31'E), 地处大兴安岭北坡, 平均海拔 826 m。试验区面积 1.1 万 hm², 其中原始林 3 200 hm²。

该地区属寒温带半湿润气候区。冬季 (平均气温 < 10 °C) 长达 9 个月, 夏季 (平均气温 ≥ 22 °C) 不超过 1 个月。≥ 10 °C 年积温 1 403 °C, 全年最高气温 40 °C, 极端最低气温 -50 °C, 全年平均温度 -5.4 °C。年降水量 450~550 mm, 60% 集中在 7—8 月。9 月末至次年 5 月初为降雪期, 降雪厚度 20~40 cm, 降雪量占全年降水总量的 12%。全年地表蒸发 800~1 200 mm, 年均日照 2 594 h, 全年无霜期 80 d。土壤以棕色针叶土为主, 土层 30~40 cm, 石砾较多。该区为大片连续多年冻土带南缘, 冻层深度 3.0 m, 冻结期长达 8 个月。植被以兴安落叶松构成的明亮针叶林为主, 主要林型有杜香-兴安落叶松林、杜鹃-兴安落叶松林、

基金项目: 林业公益性行业科研专项 (201204101-02); 国家自然科学基金项目 (31160106)

作者简介: 王飞 (1980 年生), 女, 博士研究生, 从事森林生态学及森林可持续经营方面的研究。E-mail: wangfeinihao2003@yahoo.com.cn

*通信作者: 张秋良。E-mail: zqlemai@vip.sina.com

收稿日期: 2012-03-12

草类-落叶松林和泥炭藓-真藓-落叶松林等。主要植物有的白桦 (*Betula platyphylla* Suk.)、山杨 (*Pobulus davidiana* Dode)、杜香 (*Ledum palustre* var. *angustum* N. Busch)、兴安杜鹃 (*Phododendron dauricum* L.) 和越橘 (*Vaccinium vitis-idaea* L.) 等^[12]。

2 研究方法

2010 和 2011 年 7 月初, 在草类-兴安落叶松原始林和渐伐林典型地段, 分别龄组 (幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林和过熟林) 选择坡向、海拔及坡度等立地条件基本一致的 30 m×30 m 样地各 3 块进行调查。在每块乔木样地内分别四角和中心设 5 个 5 m×5 m 灌木样方和 1 m×1 m 草本样方, 共设乔木样方 30 个, 灌木和草本样方各 150 个。记录项目主要包括: (1) 林分年龄; (2) 灌木和草本层植物的高度、盖度和多度等; (3) 海拔、坡向、坡位、坡度等生境因子。选用 Simpson 多样性指数 (D)、Shannon-Wiener 多样性指数 (H) 和 Pielou 均匀性指数 (J) 作为多样性指数: $D = 1 - \sum P_i^2$, $H = -\sum p_i \ln p_i$, $J = H / \ln S$ 。式中: p_i 为物种 i 的个体数量与群落内各物种个体总数的比例, S 为群落内的物种数。

3 结果与分析

3.1 原始林物种多样性的变化规律

草类-兴安落叶松原始林在生长发育过程中, 灌木层多样性指数呈“升高→降低→升高”的趋势。幼龄林多样性指数和均匀性指数均较低, 中龄林阶段多样性指数明显升高, 并达到顶峰 (simpson 指数、Shannon-Wiener 和均匀性指数分别为 0.34、0.55 和 0.55), 然后缓慢下降, 到成熟林阶段多样性和均匀性指数降至最低 (simpson 指数、Shannon-Wiener 指数和均匀性指数分别为 0.20、0.38 和 0.35), 过熟林阶段多样性指数值又开始回升。

草本层多样性指数的变化也呈“升高→降低→升高”的趋势, 只是峰值出现的时期不同。幼龄林多样性指数和均匀性指数均较低, 中期阶段多样性指数明显升高到峰值 (近熟林时期 simpson 指数为 0.54, 中龄林时期 Shannon-Wiener 指数为 1.07) 后缓慢下降, 到成熟林阶段多样性和均匀性指数下降至最低 (simpson 指数、Shannon-Wiener 指数和 Pielou 均匀性指数分别为 0.32、0.63 和 0.34), 过熟林时多样性指数值有增加的趋势。

林下灌草层物种多样性指数随时间均呈“升高

→降低→升高”的趋势, 其根本原因在于受林龄和林分郁闭度的影响, 在生长发育初期, 林下植被的物种数随着林龄的增大而增大, 到中期阶段逐渐形成了由小叶章 (*Deyeuxia angustifolia* (Kom.) Y. L. Chang)、苔草 (*Cyperaceae Appendiculata* (Trautv.) küenth.)、鹿蹄草 (*Pyrola incarnate* Fisch. ex DC.) 等耐荫性植物和沙参 (*Adenophora tetraphylla* Thunb.)、野豌豆 (*Vicia pseudorobus* Fisch. et C. A. Mey)、裂叶蒿 (*Artemisia tanacetifolia* L.) 等旱中生植物共存的状态, 物种多样性增加, 但也产生了激烈的竞争; 随着林分树冠的进一步郁闭, 林下植被的光照条件受到限制, 很多先锋树种逐步被淘汰, 林下植被物种数开始下降, 而到过熟林时, 随着种群内部个体种内竞争的加大, 兴安落叶松个体高度的增长, 下层枝条枯死及林冠疏开使林下出现了空地, 忍冬 (*Lonicera caerulea* L. var. *edulis* Threg. ex Herd.)、柴桦 (*Betula fruticosa* Pall.) 和大黄柳 (*Salix raddeana* Laksch. et Nas.) 等阳性物种得以侵入或数量增多, 致使多样性有所增加。

3.2 渐伐林物种多样性变化规律

渐伐林林下植被物种多样性指数随着恢复期的延长而表现出明显生态响应。simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数呈先增长后下降的变化趋势, 中龄林多样性指数最高 (simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数分别为 0.38 和 0.76), 幼龄林次之 (simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数分别为 0.34 和 0.57), 过熟林最低 (simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数分别为 0.26 和 0.41); 群落均匀性指数呈波动式变化, 在演替初期 (幼龄林时为 0.58) 和后期 (成熟林时为 0.61) 较大。

草本层多样性指数与灌木层相比, 出现较大的消亡、更新和波动。随着恢复演替的进展, 环境条件不断变化, 灌木层植物多样性指数增加到最大值时, 草本层多样性指数降低到最小值 (中龄林阶段)。草本层在近熟林阶段多样性指数最高 (simpson 指数、Shannon-Wiener 指数和均匀性指数分别为 0.66、1.46 和 0.69); 幼龄林阶段次之 (simpson 指数、Shannon-Wiener 指数和均匀性指数分别为 0.63、1.30 和 0.68); 中龄林阶段指数值最低 (simpson 指数、Shannon-Wiener 指数和均匀性指数分别为 0.45、0.93 和 0.50)。

3.3 多样性比较

3.3.1 原始林和渐伐林比较

相同年龄的渐伐林与原始林比较发现: (1) 在林分恢复的整个过程中, 渐伐后灌木层 Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数及均匀性指

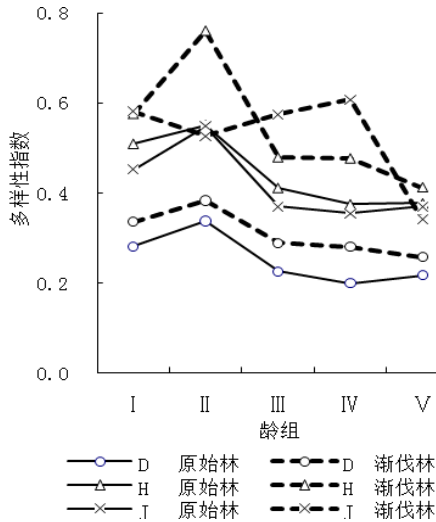


图1 原始林和渐伐林灌木层多样性指数比较

Fig.1 Comparison for the shrubby diversity dynamic in the successive cutting forest and in virgin forest

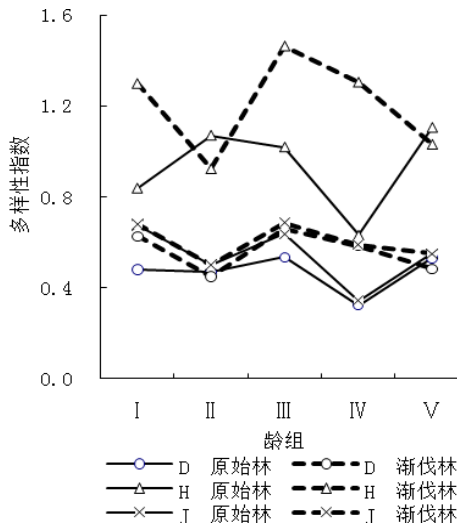


图2 原始林和渐伐林草本层多样性指数比较

Fig.2 Comparison for the herbaceous diversity dynamic in the successive cutting forest and in virgin forest

数均显著增加。渐伐能增加林下光照，降低林分密度，使林下获得充分的资源(光照、温度、养分等)，从而促进林下植被的发育，这与许多间伐的研究结果相一致^[5-6, 13-14]。草本层均匀性指数变化与灌木层一样，均为渐伐林>原始林，多样性指数(Simpson指数和Shannon-Wiener指数)则略有不同，幼龄林、近熟林和成熟林时，渐伐林>原始林；中龄林和过熟林时，则渐伐林<原始林；(2)原始林在林分生长发育过程中，林下植被多样性指数变化规律一致，均呈“升高→降低→升高”的趋势；而渐伐林灌木层多样性指数呈先升高后降低的趋势，草本层则呈“降低→升高→降低”的趋势，这说明人为干扰后的次生林恢

复与自然生长发育进程中多样性的变化规律存在差异较大。

3.3.2 群落不同层次多样性比较

灌木层和草本层多样性比较发现：(1)渐伐林和原始林在群落演替任一阶段，simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数均为：草本层>灌木层，原因在于草类-兴安落叶松林灌木层一般发育不良，仅有少量团状分布或散生的绣线菊(*Spiraea L sericea Turcz.*)、珍珠梅(*Sorbaria sorbifolia (L.) A. Br.*)、大黄柳(*Salix raddeana Laksch. et Nas.*)和杜鹃(*Rhododendron dauricum L.*)等，而草本层非常发达,种类丰富。可见，草本层多样性指数对兴安落叶松林发育压力响应较灌木层敏感，草本层植物是引起的林下植被多样性差异的主要原因。(2)多样性峰值比较，渐伐林在灌木层多样性最高的中龄林时期，草本层多样性指数则最低。原因在于渐伐后，群落演替到中龄林阶段，阳性植物和耐荫性植物共存，使得灌木层植物多样性指数达到峰值，与此同时，乔木层和灌木层植物的密度、高度、覆盖度不断提高，使林分郁闭度增加，影响草本植物的侵入与定居,使得草本植物的多样性减少。

4 结论与讨论

4.1 多样性变化规律

关于多样性演替(生长发育)过程中一直有两类经典观点：一是群落的演替(生长发育)是向着较高的物种多样性和更稳定的方向发展，因而，演替到顶级群落时将有最大的物种多样性^[15-17]。二是植被在演替初期物种多样性逐渐增加，在中期阶段达到最高，在演替后期即顶极群落阶段又逐渐降低，并趋向相对稳定^[1,18-20]。本研究除了渐伐林草本层外，其他结果均与第2种观点基本一致，林下植被多样性指数在发育中期(中龄林或近熟林)最高，在发育前期和后期相对较小，符合植被恢复演替过程中以中间演替阶段具有较高物种多样性的假说^[21]。

4.2 分类经营保护保育建议

兴安落叶松种群具有广生态幅和较强的环境适应能力^[11]，是寒温带比较稳定的森林植物群落。天保工程将大兴安岭森林分为限伐区、商品区和禁伐区。在禁伐区希望通过封禁措施能够发挥自然演替功能调整林分结构。但是从本研究结果来看(样地设置在禁伐区)，兴安落叶松原始林随着林分的郁闭，林冠光照不充足，近、成熟林的林下植被处于衰退状态，直至林分达到过熟林阶段，光照条件逐步改善使得林下植被又开始进入恢复阶段。因此，天然林保护并非简单的封

禁,对于兴安落叶松林原始林,仅靠自然生长演替促使森林结构的优化、林分质量及生态效益的提高太缓慢,应该在近、成熟林时期就进行适当的择伐或渐伐,人为改善林下透光条件,以促进先锋树种侵入,加快物种演替进程。与原始林各龄林相比较,对兴安落叶松林进行适度渐伐,能提高林下植物多样性。但是,从整个恢复过程来看,多样性指数并非一直在增加,当群落恢复到一定阶段(灌木层到近熟林阶段,草本层到成熟林阶段),由于林分密度的郁闭抑制了林下植物生长,与渐伐初期相比,多样性指数明显降低。可见,渐伐对兴安落叶松林林下植物多样性的显著提高不具有长期性,因此,随着兴安落叶松次生林演替的继续进行,如何继续采取适当的人为干扰,增加林下植被及整个生态系统的功能将是今后研究的重要方向。

参考文献:

- [1] 周德明,王宗永.南方不同林龄杉木人工林林下物种多样性比较[J].林业资源管理,2011,12(6):65-70.
ZHOU Deming, WANG Zongyong. Comparison of Undergrowth Plant Diversity in Different Aged Cunninghamia lanceolata Plantations in South China[J]. Forest resources management, 2011, 12(6): 65-70.
- [2] GUARIGUATA M R, OSTERTAG R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics [J]. Forest Ecology and Management, 2001, 148:185-206.
- [3] MESQUITA R C G, ICKES K, GANADE G, et al. Alternative successional pathways in the Amazon Basin [J]. Journal of Ecology, 2001, 89: 528-537.
- [4] CHAZDON R L. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances[J]. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 2003, 6: 51-71.
- [5] 毛志宏,朱教君,刘足根,等.间伐对落叶松人工林内草本植物多样性及其组成的影响[J].生态学杂志,2006,25(10):1201-1207.
MAO Zhihong, ZHU Jiaojun, LIU Zugen, et al. Effects of thinning on species diversity and composition of understory herbs in a larch plantation[J]. Chinese Journal of Ecology, 2006, 25(10): 1201-1207.
- [6] 马履一,李春义,王希群,等.不同强度间伐对北京山区油松生长及其林下植物多样性的影响[J].林业科学,2007,43(5):1-9.
MA Luyi, LI Chunyi, WANG Xiqun, et al. Effects of thinning on the growth and the diversity of undergrowth of Pinus tabulaeformis plantation in Beijing mountainous areas[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2007, 43(5): 1-9.
- [7] 玉宝,乌吉古楞,王百田,等.兴安落叶松天然林不同林分结构林木水平分布格局特征研究[J].林业科学研究,2010,23(1):83-88.
YU Bao, WU Jisiguleng, WANG Baitian, et al. Study on the Distribution Pattern Characteristics of Different Stand Structures in Larix gmelinii Natural Forest[J]. Forest Research, 2010, 23(1): 83-88.
- [8] 淑梅,铁牛,席青虎,等.兴安落叶松林分空间分布格局的研究[J].林业资源管理,2008,12(3):86-89.
SHU Mei, TIE Niu, XI Qinghu, et al. Study on the Spatial Distribution Pattern of Larix gmelinii Forest[J]. Forest resources management, 2008, 12(3): 86-89.
- [9] 席青虎,铁牛,淑梅,等.寒温带兴安落叶松林天然更新研究[J].林业资源管理,2009,12(2):43-47.
XI Qinghu, TIE Niu, SHU Mei, et al. Study on Natural Regeneration of Larix gmelinii in Cold-temperate Zone[J]. Forest resources management, 2009, 12(2): 43-47.
- [10] 关文彬,陈铁,董亚杰,等.东北地区植被多样性的研究I:寒温带针叶林区域垂直植被多样性分析[J].应用生态学报,1997,8(5):465-470.
GUAN Wenbin, CHEN Tie, DONG Yajie, et al. Vegetation diversity in northeastern China I. Diversity of vertical vegetation composition in cold temperate coniferous forest region[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1997, 8(5): 465-470.
- [11] 张明如,王立明,聂运川,等.兴安落叶松群落下层植物组成结构与采伐干扰的关系[J].内蒙古农业大学学报,1999,24(4):18-23.
ZHANG Mingru, WANG Liming, NIE Yunchuan, et al. The relationship between the composition structure of the understorey plant and the cutting disturbance of Larix gmelini community[J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University, 1999, 24(4): 18-23.
- [12] 周梅.大兴安岭森林水文规律研究[M].北京:中国科学技术出版社,2003:23-29.
ZHOU Mei. Study on Rule of Forest Hydrology in Daxinganling Mountain[M]. Beijing: Science and Technology of China Publishing House, 2003: 23-29.
- [13] 张象君,王庆成,王石磊,等.小兴安岭落叶松人工纯林近自然化改造对林下植物多样性的影响[J].林业科学,2011,47(1):6-14.
ZHANG Xiangjun, WANG Qingcheng, WANG Shilei, et al. Effect of the Close-to-Nature Transformation of Larix gmelinii Pure Stands on Plant Diversity of Understorey Vegetation in Xiaoxing'an Mountains of China[J]. Scientia silvae sinicae, 2011, 47(1): 6-14.
- [14] 王祖华,李瑞霞,王晓杰,等.间伐对杉木人工林林下植被多样性及生物量的影响[J].生态环境学报,2010,19(12):2778-2782.
WANG Zuhua, LI Ruixia, WANG Xiaojie, et al. Effects of thinning on biomass and species diversity of understorey in Chinese fir plantations[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2010, 19(12): 2778-2782.
- [15] TILMAN D, DOWNING J A. Biodiversity and stability in grasslands [J]. Nature, 1994, 367: 363-365.
- [16] Baskin Y. Ecosystem function of biodiversity[J]. Biological Science, 1995, 44: 363-365.
- [17] 李荣,张文辉,何景峰,等.不同间伐强度对辽东栎林群落稳定性的影响[J].应用生态学报,2011,22(1):14-20.
LI Rong, ZHANG Wenhui, HE Jingfeng, et al. Effects of thinning in intensity on community stability of Quercus liaotungensis forest on Loess Plateau[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(1): 14-20.
- [18] Odum E P. The strategy of ecosystem development[J]. Science, 1969: 164: 262-270.
- [19] 吴彦,刘庆,何海,等.亚高山针叶林人工恢复过程中物种多样性变化[J].应用生态学报,2004,15(8):1301-1306.
WU Yan, LIU Qing, HE Hai, et al. Dynamics of species diversity in artificial restoration process of subalpine coniferous forest[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(8): 1301-1306.
- [20] 刘磊,温远光,卢立华,等.不同林龄杉木人工林林下植物组成及其生物量变化[J].广西科学,2007,14(2):172-176.
LIU Lei, WEN Yuanguang, LU Lihua, et al. Variety of Under-storey Species Composition and Biomass in Different Age Cunninghamia lanceolata Plantation[J]. Guangxi Sciences, 2007, 14(2): 172-176.
- [21] COLLINS S L, GLEM S M, GIBSON D J. Experimental analysis of intermediate disturbance and initial floristic composition: decoupling cause and effect [J]. Ecology, 1995, 76: 486-492.

Effect of successive cutting on the diversity of understory vegetation in herbage-*Larix gmelinii* forest

WANG Fei¹, ZHANG Qiuliang^{1*}, MA Xiuzhi¹, WANG Liming²

1. College of Forestry, Inner Mongolia Agriculture University, Huhhot, Inner Mongolia 010019, China;

2. Armed Police Kinds Command College, Beijing 102202, China

Abstract: Higher plant diversity enhances the stability of disturbed forest ecosystem, successive cutting may stimulate the generation of understorey vegetation and then change the diversity. Compared with the virgin *Larix gmelinii* forest, we analyzed the effect of successive cutting on the shrubby and herbaceous diversity in herbage-*Larix gmelinii* forest which in different succession process with applying Simpson index, Shannon-Wiener index and Pielou evenness index. The results showed that the shrubby and herbaceous diversity under different succession process has been increased significantly when compared with the corresponding stage in virgin forest. The diversity was always higher in herbaceous than in shrubby both in the successive cutting forest and in the virgin forest when showed with the Simpson index and Shannon-Wiener index. The different development mode was found in the shrubby and herbaceous of herbage-*Larix gmelinii* forest during the community successive process. The lowest herbaceous diversity was coincided with the largest shrubby diversity in middle age of successive cutting forest. While the diversity of shrubby and herbaceous under virgin forest showed harmoniously dynamic, which showed highest diversity in the middle succession stage and lowest in the early and later succession stage. In conclusion, our study demonstrates that the proper successive cutting is needed for the understorey vegetation generation and the increase of diversity in *Larix gmelinii* forest of cold temperate zone.

Key words: *Larix gmelinii* forest; understory vegetation; diversity index