

间伐对华北土石山区油松林生长及其林下 植被发育的影响

安云, 丁国栋, 梁文俊, 高广磊, 贺宇, 魏宝, 包岩峰, 鲍彪

(水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083)

摘要: 间伐是森林经营的主要措施之一, 研究间伐对森林生态系统的影响对其可持续发展具有深远意义。对河北省木兰围场国有林管理局北沟林场 4 块油松人工林样地分别进行 46.6%, 56.2%, 67.1% 的 3 个强度间伐以及对照处理, 通过植被群落调查, 研究不同间伐强度后油松林生长及其林下植被发育。结果表明: 油松林分经不同强度抚育间伐后单木胸径、树高、冠幅和生物量均显著高于对照, 且随间伐强度增大而增加, 但单位面积蓄积量随间伐强度增大而减小; 轻度、中度间伐能够增加林下植物种类, 提高林下植物丰富度、多样性和均匀度指数, 但是强度间伐后林下植物种类并不会增多, 此现象符合“中度干扰假说”; 林分经不同强度间伐后, 林下植被优势种各异; 随着间伐强度的增大, 林下植被生物量增加。综上, 合理的间伐能够促进林分生长及其林下植被发育, 研究区选择 56.2% 左右的间伐强度最优。

关键词: 油松人工林; 间伐; 林分生长; 林下植被; 植物多样性; 生物量

中图分类号: S753.7

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2012)04-0086-05

Effects of Thinning on the Growth and the Development of Undergrowth of *Pinus tabulaeformis* Plantation in Rocky Mountain Area of North China

AN Yun, DING Guo-dong, LIANG Wen-jun, GAO Guang-lei, HE Yu, WEI Bao, BAO Yan-feng, BAO Biao

(Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Combating Desertification,

Ministry of Education, College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Thinning is one of the main forest measures. Studying its effects on forest ecosystems is significant to the sustainable development of forest ecosystems. The effects of thinning intensity with four different treatments of 46.6%, 56.2%, 67.1% and 0 (control group) on the undergrowth were carried out in the four *Pinus tabulaeformis* stands in Forest Bureau of Mulanweichang, Hebei Province. Through vegetation community investigation, the growth of forest and undergrowth vegetation after different intensities of thinning were studied. The results showed: the DBH, height, crown length and biomass of the tending group were significantly higher than those of the control group, and they increased with the thinning intensity, but stock volume of per unit area decreased with thinning intensity. Light, medium thinning could increase species, Gleason index, Shannon—Wiener index and Pielou index of the undergrowth vegetation, but the species of the undergrowth vegetation wouldn't increase after heavy thinning. This phenomenon belonged to 'medium disturbance hypothesis'. The composition of dominant species of the four undergrowth vegetation varied after different intensities of thinning. The biomass of undergrowth vegetation increased with thinning intensity. All in all, reasonable thinning can promote the growth of forest and development of undergrowth vegetation. The reasonable thinning intensity of this study area should be about 56.2%.

Key words: *Pinus tabulaeformis* plantation; thinning; stand growth; undergrowth vegetation; plant diversity; biomass

森林只有在合理的经营下才能实现生态效益和
经济效益的不断增长, 而抚育间伐是森林经营措施中

的关键环节^[1], 其作为人们干预林分生长的主要营林
措施, 对林分生长的影响日益受到重视。间伐不仅能

收稿日期: 2011-12-05

修回日期: 2012-02-06

资助项目: 国家林业局公益性行业科研项目(200804022A)

作者简介: 安云(1989—), 女, 山西临汾人, 硕士研究生, 主要研究方向为森林健康。E-mail: anyun071108@163.com

通信作者: 丁国栋(1963—), 男(满族), 内蒙古赤峰人, 博士, 教授, 主要研究方向为水土保持与荒漠化防治、森林健康。E-mail: dch1999@263.net

够增加森林蓄积量和改善木材质量,更能改变林分结构和林下植被生态演替过程^[2]。而林下植被对改善土壤物理化学性质和生物学特性,促进林地养分的有效化效果显著,并且在进行降水再分配和固土方面作用明显。林下植被盖度越大,森林保持水土的能力就越强^[3-5]。因此,有关间伐对林下植被发育影响的研究不可或缺。目前有关间伐强度与人工林植被发育的关系主要是围绕杉木(*Cunninghamia lanceolata*)进行的^[6-11],对油松林下植被的研究较少。油松(*Pinus tabulaeformis*)是我国华北土石山区的主要造林树种,对保持水土、生产用材、荒山绿化等起到了非常重要的作用。但由于林分树种组成单一,结构简单,随着时间的推移,油松纯林存在的问题日益凸显:林分密度过大,林下灌木及草本生物多样性低,森林稳定性和生态服务功能下降。为此,本文以华北土石山区油松林为研究对象,通过对其抚育间伐后林木生长因子及其林下植被物种多样性指标和生物量的调查计算,揭示间伐强度对油松林生长及其林下植被发育的影响,以期为该地区科学地经营油松人工林及全面发挥华北土石山区油松林的生态防护效益提供理论依据。

1 研究地概况

研究地位于河北省木兰国营林场管理局所辖的北沟林场(117°27'38"E,40°54'33"N),海拔高度约为750~1 998 m。该区属中温带向寒温带过渡、半干旱向半湿润过渡、大陆性季风型高原山地气候。具有水热同季,冬长夏短、四季分明、昼夜温差大的气候特征。年平均气温-1.4~4.7℃,无霜期67~128 d;年均降水量380~560 mm,年均蒸发量1 462.9~1 556.8 mm,平均相对湿度63%。该地区土壤主要以棕壤、褐土和灰色森林土为主。主要森林类型为以油松和华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)为主的人工针叶林和以白桦(*Betula platyphlla*)、山杨(*Populus davidiana*)、棘皮桦(*B. dahurica*)、蒙古栎(*Quercus mongolica*)为主要树种的落叶阔叶混交林;灌木主要包括胡枝子(*Lespedeza bicolor*)、鼠李(*Rhamnus davurica*)等;草本植物主要包括唐松草(*Thalictrum aquilegifolium* var. *sibiricum*)、鹅观草(*Roegneria kamoji*)等^[12]。

2 研究方法

2.1 样地调查

于2009年选择北沟林场人为干扰较少的油松人工林进行弱度(46.6%)、中度(56.2%)和强度(67.1%)

间伐(表1),然后在2010年分别选定20 m×20 m的3块有代表性的实验地作为样地林分,同时设置1 825株/hm²的样地作为对照。将标准地划分为4个10 m×10 m的小样方,再以每个小样方为调查单元,对乔木进行每木检尺。在每个样方内沿对角线设置1 m×1 m的样方5个,分别记载各小样方内灌木和草本的种类、高度、数量和盖度等,将更新的乔木幼苗(树高<1 m)统计在灌木中^[13]。

表 1 样地概况

样地号	林龄	密度/ (株·hm ⁻²)	海拔/ m	坡度/ (°)	坡向	间伐 强度
CK	38	1825	1255	35	阳	对照
I	39.5	975	1285	32	阳	弱度
II	38.5	800	1265	30.5	阳	中度
III	41	600	1250	27	阳	强度

2.2 数据处理

生物量:乔木生物量的计算采用马钦彦^[14]人工油松林单株林木的生物量计算公式进行计算,公式为:

$$\ln W_{ds} = -2.73680 + 0.885075 \ln(D^2 H)$$

式中:W_{ds}——乔木生物量(kg);D——胸径(cm);H——高(m)。

灌木生物量的计算参照甘敬^[15]18种森林类型林分灌木层生物量与其高度的关系计算,公式为

$$y = 1.285 + 0.425x - 0.031x^2$$

式中:y——灌木层生物量(t/hm²);x——灌木高(m)。

草本生物量的计算参照甘敬^[15]18种森林类型林分草本层生物量与其高度的关系计算,公式为

$$y = 0.514 + 0.105x - 0.011x^2$$

式中:y——草本层生物量(t/hm²);x——草本高(m)。

林分生长:计算出各强度间伐林分的平均胸径、树高、冠幅和生物量。采用SAS 9.0进行数据统计,并使用DUNCON多重比较法确定不同抚育强度间林分各指标的差异。

重要值指数:IV=(相对密度+相对显著度+相对频度)/3^[16]。

植物多样性指标包括:

物种丰富度 Gleason 指数:G=S/lnA;

Shannon—Wiener 指数: $H = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$;

Pielou 指数:J=H/lnS。

式中:S——物种数目;A——样方面积;P_i——种i的相对重要值^[17-18]。

群落相似系数 Sorensen 指数:

$$IS=2C/(A+B)\times 100\%$$

式中: A——样地 A 的物种数; B——样地 B 的物种数; C——样地 A 与 B 的共有物种数^[19]。

3 结果与分析

3.1 不同间伐强度对林分生长的影响

间伐强度对林分生长的影响主要表现在胸径、树高、树冠半径与林分生产力等方面; 由于各研究中树种、立地条件、间伐体制等方面存在差异, 导致不同抚育措施对林分生产力造成的影响也不尽相同, 有的研究表明间伐后林分生物量会增加, 但也有与之相反的结论^[20-22]。

本研究中间伐后各样地油松人工林生长情况如

表 2 不同间伐强度下油松林木生长状况

项目	胸径/cm		树高/m		树冠半径/m		单株材积/m ³		单株生物量/kg		单位面积蓄积量/(m ³ ·hm ⁻²)
	平均值±	变异	平均值±	变异	平均值±	变异	平均值±	变异	平均值±	变异	
	标准差	系数	标准差	系数	标准差	系数	标准差	系数	标准差	系数	
CK	15.49±2.65b	0.17	11.52±1.11b	0.09	1.03±0.25c	0.24	0.11±0.04b	0.35	76.28±25.54b	0.33	207.4
I	18.06±7.07a	0.39	11.82±3.24b	0.28	1.41±0.62a	0.44	0.17±0.09a	0.54	114.45±60.43a	0.53	169.11
II	18.54±2.21a	0.12	13.27±0.76a	0.06	1.29±0.61b	0.47	0.17±0.04a	0.26	114.00±28.58a	0.25	138.15
III	18.85±2.66a	0.14	14.10±1.53a	0.11	1.59±0.34a	0.21	0.19±0.06a	0.33	125.65±39.80a	0.32	115.16
方差分析	F=7.33		F=14.54		F=12.25		F=16.23		F=15.73		
GLM	Sig.=0.0001		Sig.<0.0001		Sig.<0.0001		Sig.<0.0001		Sig.<0.0001		

注: 同列中相同字母表示无显著性差异, 下同。

3.2 不同间伐强度对林下植物种类的影响

不同强度抚育间伐后油松人工林林下植物种类变化见表 3。调查期间共出现 47 种植物, 其中灌木层出现 6 种, 包括乔木更新苗 2 种, 草本层共出现 41 种。与对照相比, 弱度、中度间伐后林下植物种数均增加, 这主要是由于林内环境改善, 林下植物迅速更新, 使得植物种类增加。但是, 强度间伐后林下植物减少了 4 种, 主要是因为森林生态系统经强度干扰后林下环境改变剧烈, 使生境条件向极端化转变, 降低了异质性, 威胁了原来林下阴生植物的生存, 从而林下物种数量减少^[13]。可见本研究符合“中度干扰假说”, 即适度干扰能够提高群落多样性^[23]。

表 3 不同强度间伐油松林林下植物种数变化

植物类型	样地			
	CK	I	II	III
灌木	4	3	4	2
草本	21	23	23	19
总计	25	26	27	21

3.3 不同间伐强度对林下植被结构的影响

重要值反映的是不同植物在群落中的地位 and 作

表 2 所示。间伐后的油松林分和对照的各项指标差异显著, 但不同强度间伐的林分之间差异不显著 ($P<0.05$); 与对照相比, 间伐后油松林木的平均胸径、树高、树冠半径、单株材积和生物量均明显增加, 并以强度间伐最大。主要是由于间伐使得林分密度重新调整, 林分结构也随之发生变化, 各强度间伐下的油松竞争减少, 迅速生长, 林木的胸径、树高、树冠半径、单株材积和生物量升高。但是林分单位面积蓄积量变化随间伐强度呈不同结果, 表现为对照>弱度间伐>中度间伐>强度间伐, 原因可能是间伐后尽管单株材积增加, 但是林分密度迅速减小, 且间伐年限较短, 因此单位面积蓄积量反而降低。

用, 它的大小是确定优势种和建群种的重要依据。对照与弱度、中度、强度间伐油松林林下植被优势种分别为油松+大果榆—小红菊+风毛菊、蒙古栎+油松—唐松草+玉竹、油松+大果榆—唐松草+鹅观草、油松+大果榆—唐松草+铁杆蒿(表 4—5)。4 个样地灌木层的优势种相差不大, 都以油松幼苗为主, 而草本层优势种有较大差异, 间伐后的第一优势种均为唐松草, 这与对照有很大差别, 其余优势种也各不相同。这主要是由于各样地灌木层的物种较少, 其优势种差异不大, 并且间伐强度对草本层优势种的影响比灌木层大。

表 4 不同强度间伐油松林灌木层物种重要值分布

种类	样地			
	CK	I	II	III
胡枝子(<i>Lespedeza bicolor</i>)	0	0	7.11	0
大果榆(<i>Ulmus macrocarpa</i>)	19.64	24.51	30.28	33.67
鼠李(<i>Rhamnus davurica</i>)	9.82	0	0	0
小花溲疏(<i>Deutzia parviflora</i>)	7.44	0	0	0
蒙古栎(<i>Quercus mongolica</i>)	0	47.84	11.98	0
油松(<i>Pinus tabulaeformis</i>)	63.10	27.65	57.75	66.33

表 5 不同强度间伐油松林草本层物种重要值分布

种类	样地				种类	样地			
	CK	I	II	III		CK	I	II	III
糙苏(<i>Phlomis umbrosa</i>)				12.71	玉竹(<i>Polygonatum odoratum</i>)		13.05	4.76	4.07
龙芽草(<i>Agrimonia pilosa</i>)				4.07	柴胡(<i>Bupleurum tenue</i>)	7.52			
茜草(<i>Rubia cordifolia</i>)		4.69			翠菊(<i>Callistephus chinensis</i>)	4.66			
鼠掌老鹳草(<i>Geranium sibiricum</i>)				7.89	鹅观草(<i>Roegneria kamoji</i>)	2	10.48	15.2	
唐松草(<i>Thalictrum aquilegifolium</i> var. <i>sibiricum</i>)	21.78	22.99	14.94		轮叶沙参(<i>Adenophora tetraphylla</i>)		5.92	3.24	
土三七(<i>Panax pseudo—ginseng</i> var. <i>notoginseng</i>)	3.06				小红菊(<i>Dendranthema chaneltii</i>)	13.45	4.69	6.23	
歪头菜(<i>Vicia unijuga</i>)		4.46			野豌豆(<i>Vicia sepium</i>)	3.19			11.74

注:各样地草本种类较多,表 5 仅列出了各样地重要值占前 5 名的种名。

3.4 不同间伐强度对林下植物多样性的影响

不同强度间伐后油松林灌木层和草本层多样性指数如图 1—2 所示。与对照相比,弱度、中度间伐后灌木层和草本层丰富度 Gleason 指数均增大,而强度间伐后该指数减小。这主要是由于强度间伐后物种数减少,亦符合“中度干扰假说”。灌木层 Shannon—Wiener 多样性指数表现为:样地 III < 样地 CK < 样地 I < 样地 II,而草本层则表现为:样地 CK < 样地 I < 样地 III < 样地 II,适度间伐有利于多样性指数的提高,其中以中度间伐的效果最为明显。产生这个现象的主要原因是适度间伐优化了油松群落的结构,改善了林内植物的生长条件如营养空间、光照,增加了环境的异质性,适合更多植物生长,从而提高了林下植物多样性^[24]。间伐后样地的灌木层和草本层均匀度 Pielou 指数普遍比对照样地增大。3 个指数中丰富度 Gleason 指数通过间伐后变幅稍大,对抚育间伐更敏感。适度间伐可以提高林下植被的丰富度、多样性和均匀度,从而促进林地充分发挥其生态功能,改善生态环境,有利于群落的演替。

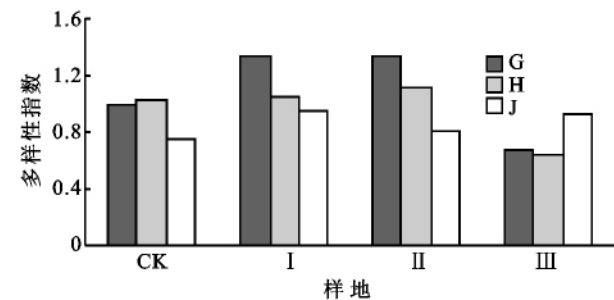


图 1 不同强度间伐灌木层多样性指数

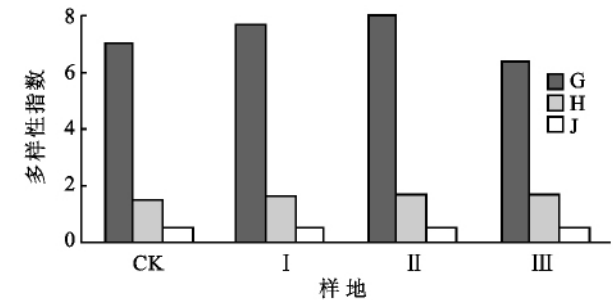


图 2 不同强度间伐草本层多样性指数

3.5 不同间伐强度样地间植物多样性分析

群落间多样性指沿着环境梯度变化物种替代的程度以及群落间物种组成的差异^[25]。不同群落或者其环境梯度上不同点直接的共同种越少,群落间 β 多样性越大^[19]。样地 I 和 II 与样地 CK 的灌木层 Sorenson 指数最小,共有种最少,群落间多样性最大,样地 III 的灌木层 Sorenson 指数最大(表 6)。随间伐强度增大,样地 I、II 和 III 的草本层 Sorenson 指数依次减小,群落间多样性增大。林下植被群落间多样性为样地 I < 样地 II < 样地 III,可见,强度间伐能够使物种替代程度最大。

表 6 样地间 Sorenson 指数比较 %

样地	灌木	草本	林下植被
I	57.1	65.0	62.7
II	57.1	43.6	53.8
III	66.7	40.0	42.6

3.6 不同间伐强度对林下植被生物量的影响

林下植被生物量是衡量林下植被生长发育的主要指标之一,也对改善林分的立地条件有着重要的影响。有研究表明,当林下植被达到一定的生物量时,对土壤的微生物区系,土壤酶活性及养分含量产生明显作用^[6]。表 7 为不同间伐强度油松林下的灌草生物量。油松林林下植被生物量组分中,灌木层占优势地位。灌木、草本生物量均随间伐强度增大而增大,灌木层生物量增大的幅度大于草本层(表 7)。由于本研究是在间伐 1 a 后进行的,林下植被总生物量随间伐强度的增幅并不明显,最大也只有 10% 左右。根据马履一等^[26]对油松林的研究,随着间伐时间的增加,林下植被总生物量随间伐强度的增幅也会在一定程度上相应增大。因此,在今后的研究中,林下植被生物量随间伐强度的增幅应该会更加明显。

表 7 不同强度间伐油松人工林林下灌草生物量 t/hm²

植被	CK	I	II	III
灌木	1.32	1.39	1.39	1.49
草本	0.52	0.53	0.54	0.54
总计	1.84	1.92	1.93	2.03

4 结 论

(1) 华北土石山区油松人工林普遍存在林分结构单一、生态功能下降等问题,进行间伐能够有效促进现有林分生长和林下植被发育,从而达到提高林分生产力、维持森林生态系统稳定性的目的,是实现油松人工林可持续发展的重要途径之一。

(2) 油松林分密度的控制对其林木生长有明显影响,由于间伐改变了林分的密度,调整了林木之间的关系,改善了林分的生长环境,因此林分生长得到促进。随着间伐强度的增大,林分的胸径、树高、树冠半径和生物量指标均明显增加,但是由于间伐后林分密度迅速减小且间伐年限较短,单位面积蓄积量反而降低。

(3) 油松人工林林下植物生物量随间伐强度增加而增加,林下植物总数和植物多样性指数的变化均符合“中度干扰假说”,即强度间伐后植物种数减少,而弱、中度间伐后植物种数增加。适度间伐能够改变油松林下植被的优势种,提高林下植被的多样性指数。

(4) 间伐对油松林分生长和林下植被发育的影响是显著的。综合考虑,对于华北土石山区 1 825 株/hm²的油松人工林,以中度间伐最有利于林分生长和林下植被发育,通过间伐后,造林密度宜为 800 株/hm²。

本研究所得出的结论仅是基于间伐后 1 a 的调查数据,仅能够说明油松林分经不同强度间伐后的生长变化情况,可为其它树种的相关研究提供借鉴,但间伐对森林生态系统的影响是一个动态变化过程,因此必须进行长期而全面的定位观测,设立固定样地并连续复查,全面掌握间伐后林分的变化,才能为林分的可持续经营,森林生态系统稳定性的维持,林分生态功能的全面发挥提供更科学可靠的理论依据。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] Sullivan T P, Sullivan D S, Lindgren P M F, et al. Influence of conventional and chemical thinning on stand structure and diversity of plant and mammal communities in young lodgepole pine forest[J]. Forest Ecology and Management, 2002,170(1/3):173-187.
- [3] 杨承栋,焦如珍,屠星南,等. 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.
- [4] 杨昆,管东生. 林下植被的生物量分布特征及其作用. 生态学杂志,2006,25(10):1252-1256.
- [5] 盛炜彤,杨承栋. 关于杉木林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.
- [6] 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.
- [7] 涂育合. 杉木不同经营密度的林下植被变化[J]. 西北林学院学报,2005,20(4):52-55.
- [8] 刘玉宝. 29 年生杉木林下植物多样性与密度的关系[J]. 福建林学院学报,2005,25(1):1-4.
- [9] 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.
- [10] 方海波. 杉木人工林间伐后林下植被养分动态的研究. (I):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,1998,18(2):1-5.
- [11] 方海波,田大伦,康文星. 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):5-9.
- [12] 鲁少波,徐成立,李春强,等. 孟滦林管局森林生态系统服务功能价值研究[J]. 林业经济,2009(4):65-66.
- [13] 段劼,马履一,贾黎明,等. 抚育间伐对侧柏人工林及林下植被生长的影响[J]. 生态学报,2010,30(6):1431-1441.
- [14] 马钦彦. 中国油松生物量及第一性生产力的研究[D]. 北京:北京林业大学,1989.
- [15] 甘敬. 北京山区森林健康评价研究[D]. 北京:北京林业大学,2007.
- [16] 王伯荪,余世孝,彭少麟,等. 植物群落学实验手册[M]. 广州:广东高等教育出版社,1997.
- [17] 马克平,黄建辉,于顺利. 北京东灵山地区植物多样性的研究[J]. 生态学报,1995,15(3):268-277.
- [18] 毕润成. 山西霍山山核桃群落生态特征及其区系分析[J]. 应用生态学报,1999,10(6):650-656.
- [19] 马克平,刘灿然,刘玉明. 生物群落多样性的测度方法. II:β多样性的测度方法[J]. 生物多样性,1995,3(1):38-43.
- [20] 李春明,杜纪山,张会儒. 抚育间伐对森林生长的影响及其模型研究[J]. 林业科学研究,2003,16(5):636-641.
- [21] Knoebel B R, Burkhardt H E, Beck D E. A growth and yield model for thinned stands of yellow poplar[J]. Forest Science,1986,32(2):27-62.
- [22] 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.
- [23] Connell J H. Diversity in tropical rainforests and coral reefs[J]. Science,1978,199(4335):1302-1310.
- [24] Mclendon T, Tedente E F. Nitrogen and phosphorus effects on secondary succession dynamics on a semi-arid sagebrush site[J]. Ecology,1991,72(6):2016-2024.
- [25] 李国雷,刘勇,徐扬,等. 间伐强度对油松人工林植被发育的影响[J]. 北京林业大学学报,2007,29(2):70-75.
- [26] 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.