

密云水库不同封育年限灌丛群落结构及演替规律

张金瑞, 高甲荣*, 何明月, 刘瑛, 李晓宏

北京林业大学//教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室, 北京 100083

摘要: 灌丛群落为华北土石山区常见的次生植被类型, 揭示其演替规律对明确北京区域森林动态及经营管理具有重要意义。采用样线调查方法, 选择封育 5、7、10 和 15 a 的 4 个地段, 进行 10 m×10 m 样地调查。运用空间代替时间数据处理方法, 分析了灌丛群落的物种重要值、生物多样性指数、群落均匀度指数、生态优势度指数以及单位面积生物量变化情况。结果表明: 随着封育年限的递增, 灌丛先锋阳性优势种重要值下降, 阴生性和乔木树种重要值上升; 封育到第 7 年时, 乔木加入演替序列, 到第 15 年时开始构建乔木层片; 群落生态优势度指数降低, 均匀度指数上升, 灌丛植被向生物多样化和生态稳定的方向演替; 研究区内植被潜在演替序列为: 荆条 *Vitex negundo* var. *heterophylla*×酸枣 *Ziziphus jujuba* var. *spinosa* 灌丛→三裂绣线菊 *Spiraea trilobata* 灌丛→山杨 *Populus davidiana*×椴树混交林→蒙古栎 *Quercus mongolica* 林。

关键词: 演替; 灌丛; 生物多样性; 北京

中图分类号: Q948

文献标识码: A

文章编号: 1674-5906 (2009) 02-0648-05

自法国生物学家 Mall (1825 年) 把“演替”一词首次应用于生态学研究以来, 描述演替现象及其机理探究一直是生态学研究的重要内容。灌丛群落结构是指群落内各物种在时间和空间上的配置状况, 由植物种类及其在时空上分布的决定, 决定了物种的竞争格局及植物群落的发展动态。因此, 研究分析灌丛群落的结构特征对揭示区域植被演替规律具有重要意义, 同时, 还可以对灌丛群落的演替趋势进行预测。

北京地带性植被为暖温带落叶阔叶林, 因长期受人为影响, 原始植被类型已消失殆尽, 使灌丛成为华北土石山区常见的次生植被类型。因此, 开展灌丛群落演替规律研究, 对揭示北京区域森林的动态具有重要意义, 也可对北京山区森林生态系统的保育、恢复与可持续经营提供理论依据。

1 研究区概况

潮关西沟林场地处北京密云县潮关村。北与河北省滦平县接壤, 西与密云县上甸子乡相邻。封育区三面环山, 属燕山山脉, 出口为潮河, 形成一个全封闭式的小流域。封育区有西沟和桃园沟两条支沟, 总面积 666.7 hm²。地势西高东低, 呈东南~西北走向, 海拔 210~1 158 m, 平均坡度 25°, 外侧山坡坡度较缓, 西北部山高坡陡, 石峰林立, 个别地段在 35°以上。土壤类型以山地褐土为主, 在西北部高海拔地带存在少量山地棕壤, 土壤平均厚度约 20 cm, 属薄土层。基岩为石灰岩, 母质多为坚硬型。年均降雨量 680 mm 左右, 70%的降雨集中

在 7、8、9 三个月, 年均气温 9~11 °C, 雨热同期。

植被以人工林和天然次生林为主: 人工林主要分布在浅山丘陵和低山地带 (海拔 800 m 以下), 在中山人为活动多的地方也有分布, 主要树种有油松 *Pinus tabulaeformis*、侧柏 *Platycladus orientalis* 和刺槐 *Robinia pseudoacacia*, 残存有少量经济林; 天然次生林主要分布在中山 (海拔 800 m 以上) 和低山人为干扰少的地方, 以山杨 *Populus davidiana*、蒙古栎 *Quercus mongolica* 和椴树 *Tilia mandshurica* 组成的阔叶混交杂木林为主。灌木树种有荆条 *Vitex negundo* var. *heterophylla*、酸枣 *Ziziphus jujuba* var. *spinosa*、小叶鼠李 *Rhamnus parvifolia*、山杏 *Armeniaca sibirica*、蚂蚱腿子 *Myrica dioica*、三裂绣线菊 *Spiraea trilobata*、孩儿拳头 *Grewia biloba* var. *parviflora* 等。

2 研究方法

2.1 调查方法

本研究采用空间替代时间的方法, 调查研究区内封育 5、7、10 和 15 a 4 个地段的灌丛演替状况。4 个地段相离较近, 微地貌和生境条件基本一致, 封育前均为荒草坡地。封育后受人为影响较小。在踏查的基础上布设样带, 长 50~100 m 不等 (因微地形条件而定), 每隔 10 m 取 10 m×10 m 样地一个, 调查和测定样地内荆条灌丛、酸枣灌丛、多花胡枝子 *Lespedeza floribunda* 灌丛和三裂绣线菊灌丛等灌丛的多度以及乔木的株数、冠幅等数据。不同封育区取样地 10~15 个不等, 共调查样地 45 个。

基金项目: 国家“十一·五”科技支撑计划项目 (2006BAD03A02); 国际科技合作项目 (2008DFA32270)

作者简介: 张金瑞 (1983 年生), 男, 在读硕士, 主要研究方向为水土保持。E-mail: zhangjinrui_0_0@163.com

*通讯作者: 高甲荣 (1963 年生), 男, 副教授。E-mail: Jiaronggao@sohu.com

收稿日期: 2008-12-16

2.2 分析方法

数据处理时以多度代替密度，用 Braun—Blanquet 五级法记录物种密度，以稀少、偶见、常见、普遍、丰盛等定性表达。物种重要值计算方法见参考文献[1]。物种多样性采用 Shannon-Wiener (H_{sw}) 指数、Simpson (H_s) 指数和种间相遇机率 (PIE) 指数测定，计算方法见参考文献[2-3]。群落均匀度采用 J 指数，生态优势度采用 C 指数，计算方法见参考文献[4-5]。生物量为灌丛地上部分 (不包括叶部) 干生物量，在调查样地内采回标准株 (灌木以平均冠幅为标准，乔木以平均胸径为标准)，室内用恒温烘箱 75 °C 烘干至恒量。

3 结果分析

3.1 灌丛群落优势种重要值变化

优势树种是群落的主要建构者，在群落生态功能的发挥中起着主导作用。分析研究不同封育年限群落中优势树种分布的变动趋势，有助于了解群落演替序列及演替方向^[6]。随着封育年限的增加，灌丛群落优势种的重要值表现出不同的变化趋势，见表 1、图 1。

表 1 不同封育年限灌丛植物重要值的变化
Table 1 The important value of plant in different closing-off years

种名	封育年限/a			
	5	7	10	15
荆条 <i>Vitex negundo</i> var. <i>heterophylla</i>	46.69	24.87	8.78	2.12
酸枣 <i>Ziziphus jujuba</i> var. <i>spinosa</i>	21.25	3.25	0	0
蚂蚱腿子 <i>Myrtilloides dioica</i>	16.67	21.56	10.59	5.33
三裂绣线菊 <i>Spiraea trilobata</i>	9.56	18.33	31.48	29.56
小叶鼠李 <i>Rhamnus parvifolia</i>	8.85	6.48	2.67	0
平榛 <i>Corylus heterophylla</i>	5.08	10.70	14.45	15.67
薄皮木 <i>Leptodermis blonga</i>	3.21	8.96	10.32	7.45
多花胡枝子 <i>Lespedeza floribunda</i>	2.03	13.45	12.86	10.23
山杨 <i>Populus davidiana</i>	0	2.39	5.76	12.60
椴树 <i>Tilia mandschurica</i>	0	1.31	6.03	11.58
蒙古栎 <i>Quercus mongolica</i>	0	0	2.58	4.87

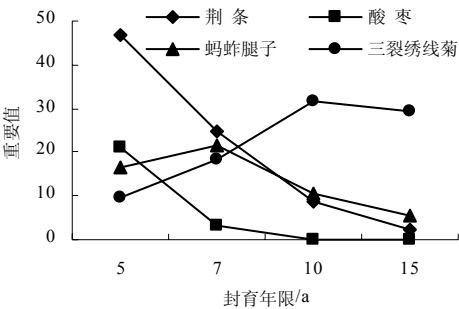


图 1 不同封育年限灌丛优势种重要值的变化
Fig. 1 The important value of dominant species in different closing-off years

1) 封育到第 5 年时，荆条和酸枣为优势种，其重要值分别 46.69、21.25；蚂蚱腿子、三裂绣线菊为次优势种，重要值分别为 16.67、9.56。

2) 到第 7 年时，灌丛中荆条和酸枣的重要值则急剧下降，分别为 24.87、3.25；而蚂蚱腿子、三裂绣线菊却迅速上升，分别为 21.56、18.33。

3) 第 10 年时，酸枣退出演替序列，蚂蚱腿子的重要值迅速降低至 10.59，荆条重要值持续下降，三裂绣线菊继续上升，达到最大值 31.48。

4) 第 15 年时，三裂绣线菊重要值稍微下降，荆条重要值持续下降至 2.12，几乎退出演替序列，小叶鼠李退出演替序列，三裂绣线菊为优势种群。

由以上分析可知：封育 5 a 后优势种群为荆条、酸枣，形成以荆条×酸枣为主的灌丛群落；第 5-7 年为种群过渡阶段，多种群相对均衡发展，无明显优势种群，为荆条×蚂蚱腿子灌丛和荆条×三裂绣线菊灌丛镶嵌分布；第 10 年时以三裂绣线菊种群为主的群落；第 15 年时三裂绣线菊成为绝对优势种；封育期间，荆条、酸枣等阳生性树种重要值变化趋势一致，均为下降趋势；三裂绣线菊等阴生性树种重要值为上升趋势，与阳生性树种变化趋势相反。说明阳生性先锋树种与阴生性树种存在负的相关性，这一结论与国内种间联结研究结果相似^[7]。

3.2 灌丛群落伴生树种重要值变化

伴生树种是群落构建的重要参与者，在一定程度上影响着灌丛群落的演替方向，其与优势树种存在着复杂的种间关系。如表 1、图 2、图 3 所示，随着封育年限的增加和优势树种重要值的变化，灌丛伴生物种重要值也发生了明显变化。

1) 小叶鼠李的重要值呈近直线下降趋势，在封育第 15 年时已经退出演替序列；平榛的重要值呈递增的趋势，封育第 10 年时，其增长趋势开始变缓；薄皮木 *Leptodermis oblonga* 和多花胡枝子重要值变化趋势为先上升再下降，多花胡枝子在第 7 年时达到最大值，薄皮木在第 10 年时达到极值。

2) 封育到第 7 年时乔木树种开始参与到演替序列，最先进入演替序列的为少量的山杨、椴树，到第 10 年时蒙古栎开始进入演替序列。乔木进入演替序列之后，重要值上升趋势明显，蒙古栎重要值的上升表现出近直线上升趋势。封育第 10 年时，山杨、椴树已达到灌木层片，封育第 15 年时开始构建乔木层片；蒙古栎在第 15 年时已经发育到灌木层片。

在封育过程中，伴生阳生灌木树种的重要值变化趋势具有较大差异，小叶鼠李为下降趋势，而平榛则为上升，主要原因为封育后期小叶鼠李受其它物种遮挡而受光不足；薄皮木、多花胡枝子重要值

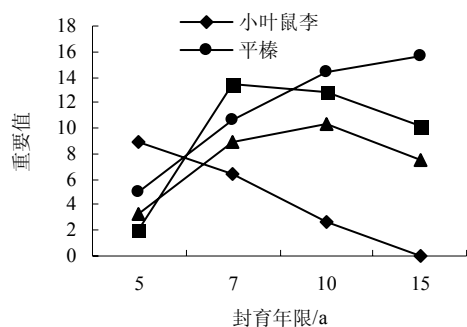


图2 不同封育年限灌丛伴生种重要值变化

Fig. 2 The important value of associated plant in different closing-off years

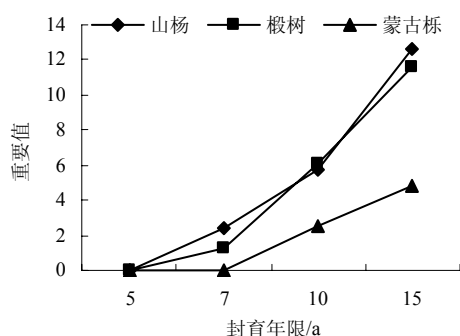


图3 不同封育年限乔木树种重要值的变化

Fig. 3 The important value of woody plant in different closing-off years

在封育后期重要值表现为下降趋势,可能与多花胡枝子喜光特性及薄皮木为半阴生树种有关。

3.3 不同封育年限灌丛群落生物量的变化

生物量是生物群落基本数量特征之一,是了解灌丛群落物质循环和能量流动的基本资料^[8];同时,其大小与被破坏生态系统的恢复能力高低有较强的相关性^[9-11]。

封育期内,灌丛群落的生物量是呈上升趋势的。在第5、7、10和15年时,灌丛群落干生物量分别为5360, 6840, 9790和12560 kg·hm⁻²,从第5年到第15年,生物量增加了1.34倍,初级生产力提升显著。在第7年前,灌丛的生物量增加趋势较缓,之后增长趋势加快(图4),这可能与乔木

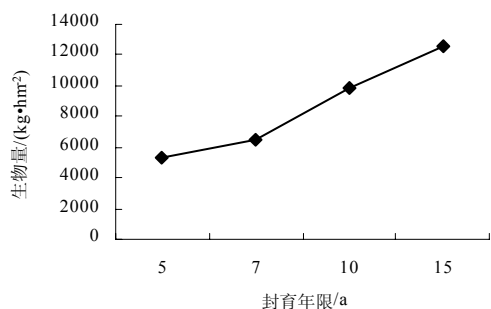


图4 灌丛生物量(干质量)的变化

Fig. 4 The changes of biomasses of bushes in different closing-off years

加入演替序列有关。国内学者研究表明,群落生物量对土壤养分的作用表现为正的直接效应^[12],其变化与群落生产力变化方向一致^[13]。因此,灌丛群落初级生产力的提高也说明了通过15a的封育,研究区内土壤养分状况得到一定的改良。

3.4 不同封育年限灌丛群落生物多样性变化

群落物种多样性是一个群落结构和功能复杂性的度量^[14],随着封育年限的递增,参与演替序列的灌木、乔木树种数量呈现递增趋势。到第15年时地段内,灌木树种从12种增加到31种,乔木树种从0增加到8种,见图5。

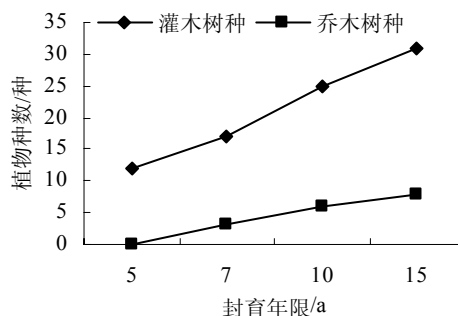


图5 灌丛木本植物物种数的变化

Fig. 5 The changes of number woody plant species in different closing-off years

研究区物种多样性指数变化趋势如图6所示。 H_{sw} 指数、 H_s 指数和PIE指数均呈上升趋势。第7年前,3项指数上升趋势不明显;第7—10年期间, H_{sw} 、 H_s 两项上升趋势明显,PIE上升较慢;第10—15年期间,多样性指数上升趋势变缓。整个封育期间,种间相遇机率指数PIE均维持在较低水平,说明群落中种间相遇机率较低;也有可能样地中植物个数少、分布均匀度低有关。

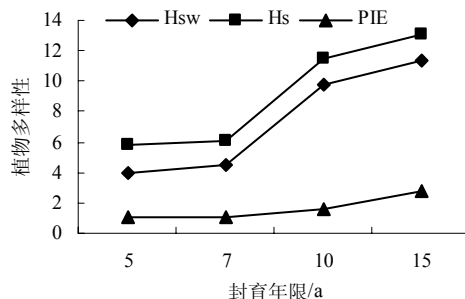


图6 不同封育年限植物多样性变化

Fig. 6 The changes of plant biodiversity in different closing years

群落均匀度指数反应了植物空间分布均匀程度,均匀性指数越大植物空间分布越均匀,反之则植物分布越集中,越不均匀^[3]。封育期间,研究区灌丛群落均匀度J指数表现出增大趋势,生态优势

度 C 指数表现减小趋势,如图 7 所示,这一变化趋势与国内学者同类研究相似^[15]。第 7—10 年期间, J 指数、 C 指数发生剧烈变化,与 H_{sw} 指数、 H_s 指数变化相似。群落均匀度的上升和群落优势度的降低说明灌丛群落中优势种的地位下降,物种数量分布趋于均匀、合理。另外,国内学者研究表明,群落多样性指数与均匀度指数呈正相关,与优势度指数负相关^[16]。本研究与这般结论完全一致。

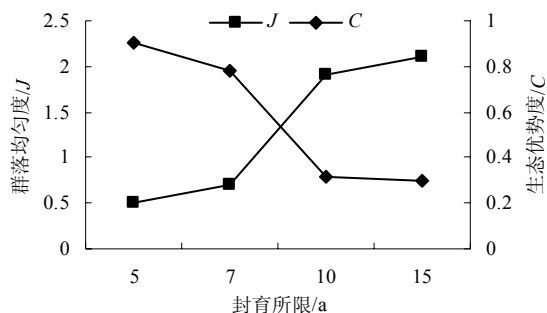


图 7 群落均匀度和生态优势度变化

Fig. 7 The changes of J and C-diversity in different closing years

4 结论

1) 封育的前期阶段(第 7 年前)先锋种、阳生性种(荆条、酸枣)以及中生性种(小叶鼠李、蚂蚱腿子)在灌丛中占据重要地位,为优势种群;第 7—10 年间,先锋种与阳生性树种优势减弱,阴性树种(薄皮木、多花胡枝子、三裂绣线菊)重要值上升,为灌丛群落的优势种群;第 10—15 年期间,中生性树种与阴生性树种重要值减小,乔木树种重要值上升趋势强劲,第 10 年已经突破灌木层,第 15 年时开始构建乔木层片。

2) 封育期间,封育区的灌丛群落生物多样性指数上升明显,第 7—10 年生物多样性指数上升较快。同样,生态优势度指数 C 、生态均匀度指数 J 在第 7—10 年发生剧烈变化,为群落演替的敏感阶段,应加强封育的力度;生物多样性指数与生态优势度指数间为反相关关系,而生物多样性指数与生态均匀度指数呈正相关关系。

3) 研究区生物量呈上升趋势,群落初级生产力水平提高显著,为封育前的 1.34 倍。通过 15 a 的封育,研究区灌丛群落优势种的重要值降低,灌木物种由 12 种增加到 31 种,乔木种由 0 种增加到 8 种,群落生物多样性显著升高,表明研究区内灌丛群落格局由封育前的单优种向多优种、生态稳定性加强方向演替。

4) 参考北京地区地带性植被类型,结合封育区植物种重要值变化趋势、群落均匀度变化趋势及群落优势度变化趋势,研究区灌丛潜在演替序列预

测为:荆条+酸枣灌丛→三裂绣线灌丛→山杨+椴树混交林→蒙古栎林。因此,在人工林营造及森林经营过程中,应把优势种山杨、椴树及蒙古栎作为目的树种。

参考文献:

- [1] 贺山峰,蒋德明,李晓兰,等. 小叶锦鸡儿固沙群落草本种群重要值与生态位的研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(10): 105-155.
HE Shanfeng, JIANG Deming, LI Xiaolan, et al. Important value and niche of herbages in caragana microphylla sand-fixing communities[J]. Journal of Arid Resources and Environment, 2007, 21(10): 105-155.
- [2] 陈明林,刘登义,崔淑卿,等. 六股尖自然保护区种子植物多样性研究及其保护对策[J]. 植物研究, 2007, 27(4): 484-493.
CHEN Minglin, LIU Dengyi, CUI Shuqing, et al. The diversity of seed in plants in Liugujian Nature Reserve and its conservation strategy[J]. Bulletin of Botanical Research, 2007, 27(4): 484-493.
- [3] 李瑞,张克斌,王百田,等. 北方农牧交错带不同植被保护及恢复措施物种多样性研究[J]. 生态环境, 2006, 15(5): 1035-1041.
LI Rui, ZHANG Kebin, WANG Baitian, et al. Study on diversity of different measures of vegetation protection and restoration in the farming-pastoral ecotones in north of China[J]. Ecology and Environment, 2006, 15(5): 1035-1041.
- [4] 杨志国,赵秀海,周效明,等. 北京西部小型沙地不同演替阶段植物群落结构特征[J]. 林业科学研究, 2008, 21(2): 188-193.
YANG Zhiguo, ZHAO Xiuhai, ZHUO Xiaoming, et al. Structure characteristics of plant community in small-sized sand of Beijing western at different successional stages[J]. Forest Research, 2008, 21(2): 188-193.
- [5] 赵永泉,彭道黎. 北京鹫峰公园主要人工林群落多样性研究[J]. 西南林学院学报, 2008, 28(1): 17-22.
ZHAO Yongquan, PENG Daoli. Diversity of the main plantation communities in Jiufeng Forest Park, Beijing[J]. Journal of Southwest Forestry College, 2008, 28(1): 17-22.
- [6] 张家城,陈力,郭泉水,等. 演替顶级阶段森林群落优势树种分布的变动趋势研究[J]. 植物生态学报, 1999, 23(3): 256-268.
ZHANG Jiacheng, CHEN Li, GUO Quanshui, et al. Research on the change trend of dominant tree population distribution pattern during development process of climax forest communities[J]. Acta Phytocological Sinica, 1999, 23(3): 256-268.
- [7] 杨锋伟,余新晓,王树森,等. 华北土石山区天然植被种间联结和生态位研究[J]. 中国水土保持科学, 2007, 5(1): 60-67.
YANG Weifeng, YU Xinxiao, WANG Shusen, et al. Interspecific association and niche of forest vegetation in Rocky Mountain Area of north China[J]. Science of Soil and Water Conservation, 2007, 5(1): 60-67.
- [8] 朱志诚,贾东林. 假苇拂子茅群落生物量初步研究[J]. 生态学报, 1996, 16(1): 40-49.
ZHU Zhicheng, JIA Donglin. A preliminary study on the biomass of *Calamagrostis pseudophragmites* community[J]. Acta Ecologica Sinica, 1996, 16(1): 40-49.
- [9] 陈文业,郑华平,戚登臣,等. 黄河上游重大生态功能区草地逆型演替植物多样性变化研究[J]. 中国草地学报, 2007, 29(6): 6-11.
CHEN Wenyue, ZHENG Huaping, QI Dengchen, et al. Species diversity changes in converse successions of grassland in important

- eco-function area in the upper reaches of the Yellow River[J]. Chinese Journal of Grassland, 2007, 29(6): 6-11.
- [10] 杨利民, 韩梅, 李建东. 中国东北样带草地群落放牧干扰植物多样性的变化[J]. 植物生态学报, 2001, 25(1): 110-114.
YANG Limin, HAN Mei, LI Jiandong. Plant diversity change in grassland communities along a grazing disturbance gradient in the Northeast China transect[J]. Acta Phytocologica Sinica, 2001, 25(1): 110-114.
- [11] 李东明, 郭正刚, 安黎哲. 青藏高原多年冻土区不同草地生态系统恢复能力评价[J]. 应用生态学报, 2008, 19(10): 2182-2188.
LI Dongming, GUO Zhenggang, AN Lizhe. Assessment on vegetation restoration capacity of several grassland ecosystems under destroyed disturbance in permafrost regions of Qinghai-Tibet Plateau[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(10): 2182-2188.
- [12] 杜峰, 梁宗锁, 徐学选, 等. 陕北黄土丘陵区撂荒地群落生物量及植被土壤养分效应[J]. 生态学报, 2007, 27(5): 1673-1683.
DU Feng, LIANG Zongsuo, XU Xuexuan, et al. The community biomass of abandoned farmland and its effects on soil nutrition in the Loess Hilly Region of Northern Shan'anxi, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(5): 1673-1683.
- [13] 彭少麟, 方炜. 南亚热带森林演替过程生物量 and 生产力动态特征[J]. 生态科学, 1995, 2: 1-9.
PENG Shaolin, FANG Wei. Features of biomass and productivity dynamics in successional process of low subtropical forest[J]. Ecologic Science, 1995, 2: 1-9.
- [14] 岳明, 任毅, 党高弟, 等. 佛坪国家级自然保护区植物群落物种多样性特征[J]. 生物多样性, 1999, 7(4): 263-269.
YUE Ming, REN Yi, DANG Gaodi, et al. Species diversity of higher plant community in Foping National Reserve[J]. Biodiversity Science, 1999, 7(4): 263-269.
- [15] 展秀丽, 余新晓, 严平, 等. 北京高八达岭林区生态修复对植被多样性的影响[J]. 水土保持通报, 2008, 28(4): 140-143.
ZHAN Xiuli, YU Xinxiao, YAN Ping, et al. Effects of ecological rehabilitation on plant diversity in the Badaling forest area of Beijing city[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2008, 28(4): 140-143.
- [16] 杜茜, 马琨. 宁夏荒漠草原恢复演替过程中物种多样性与生产力的变化[J]. 生态环境, 2007, 16(4): 1225-1228.
DU Qian, MA Kun. Changes of the species diversity and productivity of desert steppe in restoration succession in Nixia[J]. Ecology and Environment, 2007, 16(4): 1225-1228.

Shrub community structure and succession rule in different closing-off years of Miyun reservoir

Zhang Jinrui, Gao Jiarong, He Mingyue, Liu Ying, Li Xiaohong

Key Laboratory of Soil and Water Conservation & Desertification Combating, Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

Abstract: Shrub community is common secondary vegetation type of earth-rocky mountainous area in the North of China. Researching on shrub communities' succession rule is valuable for clearing forest dynamics and management in Beijing. 5, 7, 10 and 15 a closing-off area were selected by line-transect method. Based on 10 m×10 m sample-plot survey, the space data processing method instead of the time was applied to analyze the species important value, biodiversity index, community evenness index, ecology dominance index and biomass variation per hectare. The results show that: the pioneer species importance value decreased and that of the shade-adapted tree and tree species increased with closing-off time; trees appeared in succession in 7 a and it's synusia formed in 15 a; the community dominant index decreased and evenness index increased in succession; shrub vegetation tended to more stable and diversified; shrub succession series were: *Vitex negundo* var. *heterophylla*×*Ziziphus jujuba* var. *spinosa* shrub→*Spiraea trilobata* shrub→*Populus davidiana*×*Tilia mandschurica* forest→*Quercus mongolica* forest.

Key words: succession; shrub; biodiversity; Beijing