

气候变化对大兴安岭北部蒙古栎种群动态的影响

周晓峰¹, 张远东^{1,2}, 孙慧珍¹, 柴一新¹, 王义弘¹

(1. 东北林业大学森林资源与环境学院, 哈尔滨 150040; 2. 新疆大学干旱生态环境研究所, 乌鲁木齐 830046)

摘要:通过对气象因子和样地数据分析表明, 20 余年来大兴安岭北部气候趋于变暖, 低海拔地带蒙古栎呈现明显的进展趋势, 演替趋于以蒙古栎为优势种的阔叶林, 海拔较高地带蒙古栎更新不良, 演替趋于兴安落叶松和几种阔叶树的混生林。蒙古栎种群发展与干暖化具有一致性。在各类气象因子中, 5 月均低温是影响蒙古栎更新的决定性因子; 由海拔升高引起的区域干燥度降低也是影响更新的重要因子, 这也说明蒙古栎对冷湿生境的不适应性。

关键词: 气候变化; 蒙古栎; 种群动态

The Effect on Climate Change on Population Dynamics of *Quercus mongolica* in North Greater Xing'an Mountain

ZHOU Xiao-Feng¹, ZHANG Yuan-Dong^{1,2}, SUN Hui-Zhen¹, CHAI Yi-Xin¹, WANG Yi-Hong¹ (1. Forest Resources & Environment College, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China; 2. Institute of Arid Ecology & Environment, Xinjiang University, Umuqi 830046, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(7): 1035~1040.

Abstract: Northern forests play an important role in sustaining the balance of carbon dioxide (CO₂) in terrestrial ecosystems, the impact of climate change on spatial pattern and process of forest ecosystems, especially in high latitude forest area, has become an important ecological issue in world wide during past decade. With the increased atmospheric carbon dioxide (CO₂) and global climate change, forest stand structure and species composition in north forest ecosystem are effected from stand scale to landscape level, NPP over large area may be changing. The indication of global climate change which effects on forest ecosystem is the variation of distribution area of tree species, therefore many studies focus on this issue by means of ecological transect on landscape level.

Quercus mongolica often coexists in old forests with korean pine (*Pinus koraiensis*) and broad-leaved in northeastern forests in China, it becomes a dominance in dry and warm site. Models and field studies show that extension of *Quercus mongolica* is one of indicators of climate drying and warming in the northeastern forest ecosystems in China. In this paper, we use ecological transect technique and select three typical forest plots to establish one transect from south to north with a gradient driven by temperature factors in northern Greater Xing'an mountain. The transect passes across the northern distribution edge of *Quercus mongolica*, where it is a sensitive species to reflect climate change. Each plot is 50m×50m (0.25hm²) and is divided into 625 quadrates (2m×2m) for studying the composition of each species from seedling to canopy trees. The importance values for each species, i. e., *Quercus mongolica*, *Larix gmelinii*, *Populus davidiana*, *Betula platyphlla*, are calculated by means of relative density, relative frequency and relative prominence in each plot. We also use climate data, comparing with each plot data, to analysis the

基金项目: 国家自然科学基金重大资助项目 (39899370); 2001 年度基础研究快速反应资助项目 (2102)

收稿日期: 2001-12-14 日期: 2002-05-14

作者简介: 周晓峰 (1933~), 男, 浙江诸暨人, 教授。主要从事森林生态学研究。E-mail: ecgroup@public.hr.hl.cn

relationship between the changing trend of climate and the regeneration of *Quercus mongolica* in this area during past over twenty years.

The results show that (1) According to climate factors, i. e., annual average temperature, annual average low temperature, annual accumulate temperature, it become warmer in north Greater Xing'an mountain for recent twenty years whether in south plot, Songling, middle plot, Xinlin, or in north plot, Tahe. The stand structure and species composition is changed by climate change. (2) *Quercus mongolica*, often existing in lower altitude, extends its distribution area and displays as higher importance value, from seedling to canopy trees, at the north plot Tahe. This means that *Quercus mongolica* as a dominant species in succession layer at local stand will replace original *Larix gmelinii*. In Xinlin plot with higher altitude, its regeneration is not good due to relatively low temperature. *Larix gmelinii* at this location has higher importance value and still is the dominant species mixed with some other broad-leaved. (3) With increased drying and warming of climate, from south plot to north plot, *Quercus mongolica* can succeed in regeneration and extends. Its regeneration has a close relation with climate factors, especially lower temperature in May in growth season, also with the decrease of aridity index caused by higher altitude. This shows the inelasticity of *Quercus mongolica* to cold and wet site.

Key words: climate change; *Quercus mongolica*; population dynamics

文章编号:1000-0933(2002)07-1035-06 中图分类号:Q145 文献标识码:A

气候变化将会引起树种分布区的位移,近年来我国一些学者已在这方面进行了研究^[1~7]。对东北森林在气候变化背景下的模拟研究表明^[8,9],落叶阔叶树将取代目前小兴安岭、长白山的红松和大兴安岭的兴安落叶松成为东北森林主要树种,而针叶林将在地带性森林中占很小的比重,阔叶树中蒙古栎将可能成为最主要的树种。从 20 世纪 50 年代以来,刘慎谔先生曾多次强调指出:大面积采伐森林将使东北东部林区干旱化和蒙古栎林将成为转化顶极而不断扩大^[10],陈大珂等的研究进一步证实了这一趋势^[11],可以认为,在东北东部林区,蒙古栎林的扩展,已成为气候干暖化的标志之一。但在大兴安岭,这个问题还缺乏研究。本文选择了蒙古栎分布区的西北边缘^[13,14]——大兴安岭北部进行了调查,与气候状况相对应,分析了该地区蒙古栎种群的现状及进退趋势,试图对上述问题作一探索。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区自然条件和样地概况

本文于 1996 年在大兴安岭从南到北的松岭林业局、新林林业局、塔河林业局,在全面了解和踏查基础上,选择了典型的蒙古栎-兴安落叶松林样地,形成了一条以温度为梯度的南北样带,纵贯蒙古栎分布的西北边缘。3 个林业局的气候条件和 3 块样地的环境条件如表 1 所示。

1.2 研究方法

1.2.1 调查区 20 多年来的气候变化 3 个样地的气象数据来自各所在林业局的历年气象观测,指标包括年温度(均温、均低温、极端低温和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温)、降水、蒸发量及无霜期;1 月及生长季各月(5~9 月份)的均温、均低温、极端低温、降水和蒸发。利用气象资料计算出各林业局历年干燥度指标 K , $K = 0.16 \Sigma t / r$, Σt 为日均温稳定通过 10°C 的积温, r 为同期降水量。

1.2.2 样地调查 样地面积 $50\text{m} \times 50\text{m}$,采用网格连续样方规则取样的方法,每样地有 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 样方 625 个。每个样方除记载活地被物种类、盖度,死地被物厚度,倒木直径、长度、腐朽等级等之外,分别乔木层、演替层和更新层进行了树种调查,主林层记录种名、胸径、树高,演替层和更新层记录种名、地径和高度。各样地主林层按大、中、小各 5 株从地径处伐取圆盘查定年龄,增加部分样木用生长锥;演替层同样;更新层则全部直接根据节间查出年龄,有疑者从根径伐断查定。

1.2.3 群落演替数据 采用分层重要值调查法,按主林层、演替层、更新层调查各树种在各层出现的密度、频度、显著度,计算出各树种在各层的重要值,分析各群落演替趋势。其中主林层树种重要值 = (相对密

度+相对频度+相对显著度)/300,演替层和更新层树种重要值=(相对密度+相对频度)/200,树种显著度为该树种的胸高断面积和。

表 1 3 个林业局的气候状况及 3 块样地的环境条件

Table 1 Climate status of three forest industrial bureau and environmental conditions of three sample plots						
试验地点 Location	经纬度 Longitude &.latitude	年均温(℃) Annual average temperature	年均低温(℃) Annual average low temperature	年降水量(mm) Annual average precipitation	年积温(℃) Annual ≥10℃ accumulate temperature	
松岭 Songling	E123°33'~125°10' N50°10'~51°04'	0.1	-6.4	550.4	1835.0	
新林 Xinlin	E123°41'~125°25' N51°20'~52°10'	-1.8	-8.5	557.8	1684.6	
塔河 Tahe	E123°20'~125°07' N52°09'~53°23'	-1.6	-8.4	497.6	1679.3	

试验地点 Location	海拔 Altitude	坡向 Slope direction	坡度 Slope gradient	坡位 Slope position	土壤 Soil type	主林层树种组成 Species content of main canopy(%)
松岭样地 Songling Plot	490	E 偏 N	18	上	棕色泰加林土①	兴安落叶松②72 黑桦③14 白桦④13 蒙古栎⑤1
新林样地 Xinlin Plot	610	NE	20	上	棕色泰加林土	山杨④49 白桦 30 兴安落叶松 16 黑桦 4 蒙古栎 1
塔河样地 Tahe Plot	460	S 偏 E	9	中	棕色泰加林土	兴安落叶松 81 山杨 9 黑桦 6 蒙古栎 3 白桦 1

①Brown coniferous forest soil ②Larix gmelini ③Betula davurica ④Betula platyphylla ⑤Quercus mongolica ⑥Populus davidiana

1.2.4 样带蒙古栎种群的动态 利用年龄数据建立各样地蒙古栎幼苗幼树年龄与地径的回归方程,分别计算出各样地全部蒙古栎幼苗幼树的年龄,根据其年龄分布确定历年更新数量,分析松岭-新林-塔河样带上蒙古栎更新及其移动趋势。

1.2.5 蒙古栎年更新量与气象因子间的回归分析 分别样地进行蒙古栎年更新量与气象因子间的多元回归分析,确定各因子对蒙古栎更新的影响及其作用大小。

2 分析与结果

2.1 气象因子变化趋势

图 1 给出 23a(1972~1995)内 3 个林业局气象指标变化趋势,23a 来大兴安岭北部这 3 个林业局年均温、年均低温均有明显上升趋势,二者在 1986 以后增温趋势最为明显。年积温也有上升趋势。这与黑龙江省近百年来的气候变化趋势相一致^[12],见图 2。3 个林业局中松岭温度指标明显高于塔河与新林。新林位于塔河的南面,但由于新林海拔较高,故新林的温度指标反比塔河略低。新林年降水量高而蒸发量少,导致干燥度低,相对湿度高。

随着气候的变暖和农业技术的发展,农作物也有明显的“北移”趋势,比如 20 世纪 60 年代这几个局没有茄子、西红柿、青椒等喜温性作物的种植,而如今变得很普遍。另外,由于 6 月份霜冻现象逐渐减弱(甚至不发生),生长季延长,原来不能成熟的豆角、玉米等作物,20 世纪 90 年代后期已都能成熟,同时产量也有很大提高。

2.2 群落演替分析

3 个样地主要树种重要值随层次变化见图 3。

从图 3 可以看出,松岭样地主林层兴安落叶松占优势,在更新层和演替层,蒙古栎占优势。从更新层到主林层,兴安落叶松重要值增大,表现为衰退种;蒙古栎重要值则随层次增高而减少,表现为进展种;山杨、白桦、黑桦的重要值在各层均较低,表现为随机种,该林分演替趋向于以蒙古栎为优势的阔叶林。新林样地

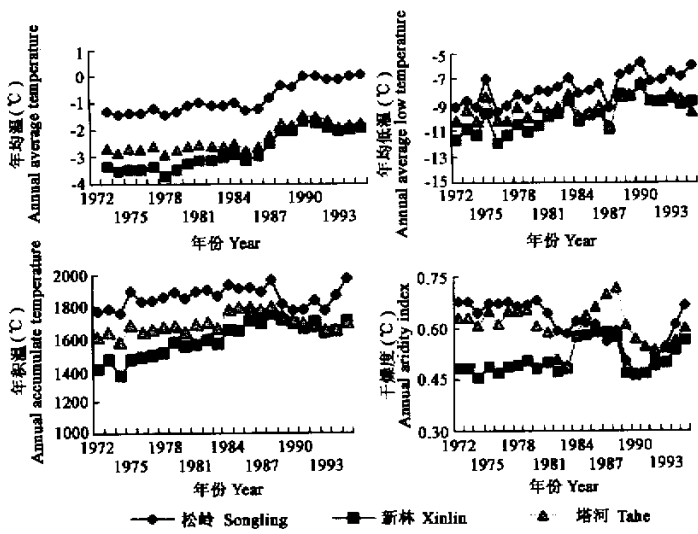


图 1 3 个林业局年均温、年均低温、年积温、干燥度 5a 滑动平均图

Fig. 1 Five-years glide mean of annual average temperature,annual average low temperature,annual accumulate temperature,annual aridity index in three forest bureau

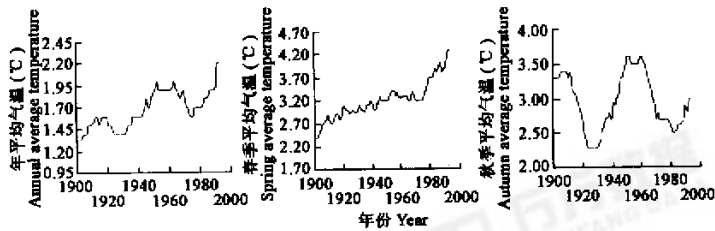


图 2 黑龙江省百年年均温、春季(3~5 月份)均温和秋季(9~11 月份)均温的 20a 滑动平均图

Fig. 2 Twenty-years glide mean of annual, spring and autumn average temperature in century of Heilongjiang Province 中主林层山杨、兴安落叶松、白桦占优势;演替层中兴安落叶松、山杨占优势;更新层中兴安落叶松、黑桦、蒙古栎占优势;从更新层到主林层,兴安落叶松表现为巩固种,山杨、白桦表现为衰退种,黑桦、蒙古栎表现为进展种,该林型演替趋向于兴安落叶松和多种阔叶树形成的混生林。塔河样地主要树种的演替趋势和松岭样地相同。

在 3 个样地中,蒙古栎是唯一一个全部呈现进展趋势的种,而落叶松在松岭和塔河样地中均呈现衰退趋势。

2. 3 样带蒙古栎更新趋势

利用 3 个林业局蒙古栎样地的实测年龄数据,可以建立蒙古栎幼苗幼树年龄与地径的回归方程,3 个林业局分别为:

松岭 $A=INT(1.114+1.590 D)$ $R^2=0.86$ 相关极显著

新林 $A=INT(0.187+3.074 D)$ $R^2=0.79$ 相关显著

塔河 $A=INT(1.983+2.026 D)$ $R^2=0.75$ 相关显著

式中,A 蒙古栎幼苗幼树年龄(a),D 地径(cm)。

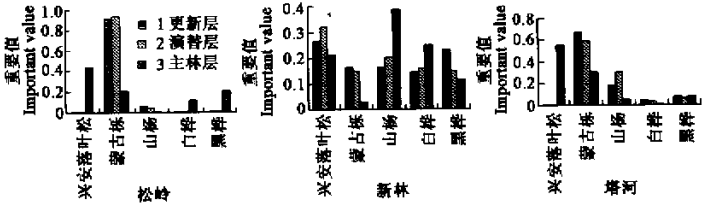


图 3 三个林业局主要树种重要值随层次变化图

Fig. 3 Variety of significance index of main tree species with layer in three forest bureau

1. Regeneration layer; 2. Succession layer; 3. Main layer, 图例同表 1 Legend is the same as table 1

利用样地调查资料,可计算出样地内全部幼苗幼树的估计年龄,得出更新层和演替层蒙古栎的年龄分布。根据年龄分布可推算出蒙古栎历年更新的估计量,见图 4。可以看出,松岭、塔河蒙古栎年更新量高,更新状况良好,样地年平均更新量分别为 81 株/年和 84 株/年。纬度北移虽使各温度指标降低,但并未影响蒙古栎更新状况。由于调查区位于蒙古栎分布的北界,故蒙古栎更新有北移趋势。新林蒙古栎更新数量少,样地年平均更新量仅为 4 株/a,且在演替层和更新层中所占重要值低,只能处于伴生地位。新林位于大兴安岭“岭顶”的伊勒呼里山区,海拔高于松岭和塔河 100~200m,各项气象指标不仅明显低于其南部的松岭,也低于其北部的塔河。同时海拔升高还会对降水量及水热的季节分配产生综合影响,这可能是导致新林蒙古栎更新数量较少的主要原因。也说明蒙古栎对高海拔(冷湿)条件的不适性。

2.4 气象因子对蒙古栎更新的影响分析

通过三个样地蒙古栎年更新量与各类气象因子间的多元回归分析,得出年更新量(Y)与气象因子间的回归方程:

松岭 $Y = -969.022 + 299.222 \times 5 \text{ 月份均低温} + 182.162 \times 6 \text{ 月份均低温} + 64.058 \times \text{年均温} + 11.362 \times 9 \text{ 月份均温}$ ($R^2 = 0.48$ 回归显著);系数标准化后 $Y = 1.980 \times 5 \text{ 月份均低温} + 1.118 \times 6 \text{ 月份均低温} + 1.034 \times \text{年均温} + 1.027 \times 9 \text{ 月份均低温}$

新林 $Y = -3016.376 + 52.378 \times 5 \text{ 月份均低温} - 1.656 \times \text{年降水量} + 1.033 \times \text{年蒸发量} + 30.773 \times \text{无霜期}$ ($R^2 = 0.57$ 回归显著);系数标准化后 $Y = 8.148 \times 5 \text{ 月份均低温} - 4.392 \times \text{年降水量} + 3.222 \times \text{年蒸发量} + 2.442 \times \text{无霜期}$

塔河 $Y = -181.581 + 763.280 \times 5 \text{ 月份均低温} + 50.313 \times \text{年均低温} + 78.613 \times 6 \text{ 月份均低温} - 1.519 \times \text{年降水量}$ ($R^2 = 0.48$ 回归显著);系数标准化后 $Y = 2.790 \times 5 \text{ 月份均低温} + 1.963 \times \text{年均低温} + 1.61 \times 6 \text{ 月份均低温} - 1.107 \times \text{年降水量}$

可以看出,3 个林业局中与蒙古栎更新量相关性最高的因子均为 5 月均低温,这说明蒙古栎萌发期的温度对更新至关重要。松岭和塔河回归方程中多为温度因子,尤其是生长季低温因子,说明热量条件是该区蒙古栎更新的决定性因子。影响新林年更新量的因子还有年降水量、年蒸发量和无霜期,这说明该区蒙古栎更新还受干燥度的影响,干燥度低,相对湿度高,可能是该区蒙古栎更新不良的重要原因。分别样地单独使用干燥度(K)与年更新量(Y)作回归分析,也只有新林样地中二者显著相关:

$Y = -1.414 + 10.170K$ ($R^2 = 0.3$, 相关显著)

影响 3 个样地更新量的气象因子按作用大小(标准化后因子系数大小)排序为:

松岭 5 月份均低温 > 6 月份均低温 > 年均温 > 9 月份均低温

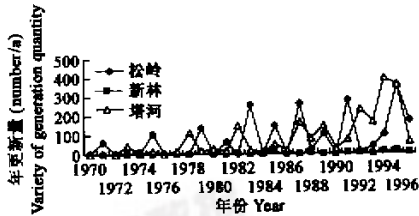


图 4 3 个林业局蒙古栎更新量随年份变化

Fig. 4 Variety of generation quantity with years in three forest bureau

新林 5 月份均低温>年降水量>年蒸发量>无霜期

塔河 5 月份均低温>年均低温>6 月份均低温>年降水量

3 结论与讨论

23a 来大兴安岭北部 3 个林业局年均温、年均低温均有明显上升趋势。根据样地调查结果,在 3 个样地中,蒙古栎均为进展种。松岭和塔河样地演替趋向于以蒙古栎为优势的阔叶林,新林样地趋向于兴安落叶松和蒙古栎等多种阔叶树形成的混交林。通过蒙古栎地径与年龄关系推算蒙古栎历年的更新量,结果表明蒙古栎在其分布区的西北边缘的群落中呈现明显的种群进展趋势。影响 3 个样地蒙古栎历年更新量的气象因子主要是由生长季低温因子决定。新林样地年更新量不仅受 5 月份低温控制,还受干燥度影响。该地区海拔高,相对湿度高,干燥度低,可能为该区蒙古栎更新不良的重要原因。

根据现存蒙古栎幼苗幼树的年龄分布推算其历年更新量,这种推算没有考虑幼苗幼树的死亡过程。蒙古栎属阳性树种,林下更新不良,1~3a 的死亡率高达 80%以上,其幼苗幼树的存活曲线陡度很大,但不同林型和样地间的存活曲线差别不大^[11]。因而历年更新的估计量与实际更新量之间虽有很大差距,但这种估计量用于样地间更新状况及影响因子的比较,应当还是可行的。

参考文献

- [1] Zhang X SH(张新时). A study on vegetation-climate classification system under global change. *The Quaternary Period Research*(in Chinese)(第四纪研究), 1993.
- [2] Guo Q SH(郭泉水), Xu DY(徐德应), Yan H(阎洪). A study on the impacts of climate change on the distribution of *Pinus tabulaeformis* in China. *Scientia Silvae Sinicae*(in Chinese)(林业科学), 1995, **31**(5): 393~402.
- [3] He Q T(贺庆棠), Yuan J Z(袁嘉祖), Chen ZH B(陈志泊). Possible effects of the climate change on the distribution of *Pinus massoniana* and *Pinus yunnanensis* in South China. *J. of Beijing Forestry University* (in Chinese)(北京林业大学学报), 1996, **18**(1): 23~28.
- [4] Li K R(李克让), Chen Y F(陈育峰). Vulnerability analysis of China forests under impacts of climate change. 1996, *Acta geography sinica*(in Chinese)(地理学报), 1996, **51**(Supp. B): 40~49.
- [5] Wu ZH F(吴正方), Deng H P(邓慧平). A study on the response of Northeastern broad-leaved *Pinus koraiensis* to the global climate change. *Acta geography sinica*(in Chinese)(地理学报), 1996, **51**(Supp. B): 81~91.
- [6] Xu D Y(徐德应), Guo Q SH(郭泉水), Yan H(阎洪)等. *A study on the impacts of climate change on forests in China*(in Chinese). Beijing: Science and Technology Press, 1997. **26**, 35~75.
- [7] Zhou X F(周晓峰), Zhao H X(赵惠勋), Ge J P(葛建平). The response mechanism of forest ecosystem to global change in East transect of China. In: *Impacts of forest biological technology and environmental change on forest ecosystem*(in Chinese). Center Research School of Taiwan University. 1997, 1~14.
- [8] Zhao SH D(赵士洞等), et al. Advance on the study of potential impacts of climate change on Northeastern China forest. *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese)(生态学报), 1995, **15**(Supp. B): 1~9.
- [9] Yan X D(延晓东), Zhao SH D(赵士洞), Yu ZH L(于振良). Modeling growth and succession of Northeastern China forests and its applications in global change studies. *Acta Phytocologica Sinica*(in Chinese)(植物生态学报), 2000, **24**(1): 1~8.
- [10] Liu SH E(刘慎谔). *Selected works of Liu Shene*(in Chinese). Beijing: Science Press, 1985. 7, 190, 195.
- [11] Chen D K(陈大珂), Zhou X F(周晓峰), Zhu N(祝宁). *Natural secondary forest——structure · function · dynamics and management*(in Chinese). Harbin: Northeast Forestry University Press, 1994. 237~242.
- [12] Guan G L(关贵林). *Prediction and strategy of the impacts of climate change on agriculture and ecological environment in Heilongjiang Province*(in Chinese). Weather Bureau of Heilongjiang Province, 1995. 43~62.
- [13] Zhou Y L, et al. (周以良等). *Geography of the vegetation in Northeast China*(in Chinese). Beijing: Science Press, 1997. 116.
- [14] Feng 万方数据 (冯国光等). *Forest in Nei-Menggu Province*(in Chinese). Beijing: Chinese Forestry Press, 1980. 224~227.