

东北师范大学生命科学学院 2011 级长白山野外综合实习报告



长白山针阔混交林的物种多样性分布与 生境的边缘效应

小组名称：生态第一小组

指导老师：邢福 教授

小组成员：孙宇 张海龙 刘思彤 杨阳

何云财 蒋舒婷 揭杰 程广辉

实习时间：2013 年 7 月 1 日—2013 年 7 月 11 日

中国·长春

二〇一三年九月

长白山针阔混交林的物种多样性分布与生境的边缘效应

孙宇 张海龙 刘思彤 杨阳 何云财 蒋舒婷 揭杰 程广辉

(东北师范大学生命科学院, 长春 130024)

摘要: 森林群落边缘效应的研究对于揭示森林群落中物种的分布与生境的变化、群落的演替过程和人类对边缘效应现象优势的利用有重大意义。以吉林省抚松县露水河镇某边界清晰的撂荒 7 年的参地—针阔混交林的群落过渡带为研究对象, 从群落边界向森林内部方向每隔 50m 设置了垂直于群落边缘的 5 个样点, 在 5 个样点内分别对设置的由乔木、灌木和草本植物组成的样方进行调查, 运用 Shannon-Wiener 多样性指数和 Jaccard 相似性指数进行分析可以发现, 当由森林边界向森林深处延伸时, 草本层植物有逐渐退化的趋势, 而乔木层植物、灌木层植物种类有逐渐增多的趋势, 并且可以发现相邻样点有较高的物种相似性。出现了明显的边缘效应现象, 这是由于受光照、大气湿度、温度、土壤因子等多种环境因子的综合作用而形成的。

关键词: 森林群落; 物种多样性; 群落相似性; 边缘效应; 环境因子

早在 19 世纪初, Elements 就在生态学研究引入了“Ecotone”一词^[1], 意为群落交错带。群落交错带具有不同于两个相邻群落的物种和生境, 往往有较高的生物多样性。20 世纪 30 年代, 野生动物学家 Leopold^[2]将在生态交错带内的物种种类和个体数量多于临近生态系统的现象称为边缘效应(Edge effect)。起初边缘效应是指生态交错带内的物种数与相邻群落之间的差异。

地理学家 Beecher^[3]于 1942 年研究了群落的边缘效应长度与鸟类种群密度的关系后发现, 在不同地貌单元的生物群落的过度界面地带, 结构往往比较复杂, 不同生境的物种在此共生, 种群密度大, 生产力水平高。他将这种现象称之为“边缘效应”。在 1985 年, 我国著名生态学家王如松和马世骏将前人的研究成果加以总结和丰富, 提出了目前为大多数学者所接受的边缘效应的定义: 在两个或多个不同性质的生态系统(或其他系统)交互作用处, 由于某些生态因子(物质、能量、信息、时机或地域)或系统属性的差异和协和作用而引起系统某些组分及行为(如种群密度、生产力和多样性等)的较大变化^[4]。

近年来, 人口的不断增加导致对自然资源需求的不断增加以及一些自然灾害的发生, 使得片段化的森林代替了原有大面积的自然生境, 导致森林外边缘不断增加, 森林受边缘效应的影响不断增加^[5]。边缘效应的存在使林内到林外的生态环境也发生梯度变化, 进而影响动植物分布、群落结构和功能、群落能量流和物质流等。由于景观性质、研究目标和斑块形状的变化, 边缘效应影响范围和程度的差异较大^[6]。因此, 对于森林生态系统边缘效应的研究

具有极其重要的生态学意义。

本文选取了长白山西北麓露水河镇边界明显的撂荒 7 年的参地—针阔混交林作为研究对象,分析了针阔混交林的植物的物种组成,测定与针阔混交林边缘不同距离的土壤环境与空气环境的不同指标,综合分析生境的不同与所存在的边缘效应之间的关系。对进一步了解群落交错带生物多样性的分布特点以及对森林生态系统的恢复和管理有重要意义。

1 研究地点与方法

1.1 研究区自然概况

吉林省抚松县露水河镇(东经 127°29'~128°24', 北纬 42°24'~42°49')地处中纬度内陆山区,位于长白山西北麓,海拔 450m~1400m,为针阔混交林带,地势平坦,土壤以暗棕壤为主。属北温带东亚季风气候,冬季漫长、寒冷,夏季多雨、气候潮热,春秋两季干燥,年平均气温 2.9℃,年平均降水量 894mm,年平均相对湿度 170.3%,年平均日照时数 1965.8h,平均无霜期 108d^[7]。露水河地区动、植物种类繁多,群落结构层次明显,生物多样性丰富。林地面积 2565 公顷,森林覆盖率高达 78.5%^[8]。其林分组成主要有红松(*Pinus koraiensis*)、白桦(*Betula platyphylla*)、山杨(*Populus davidiana*)、水曲柳(*Fraxinus mandshurica*)等,草本植物主要有拂子茅(*Calamagrostis kengii*)、野艾蒿(*Artemisia lavandulaefolia*)、东北蒲公英(*Taraxacum ohwianum*)、灯心草(*Juncus effusus*)等。

1.2 样地设置与研究方法

样地设在露水河镇针阔混交林与撂荒 7 年的参地的交界处(东经 127°50', 北纬 42°30')海拔 764m,整体呈东西走向。实验时间为 2013 年 7 月 10 日上午 9:00—11:00,天气晴,温度 21~28℃,西北风 2~4 级。

从群落边界开始向森林内部方向设置垂直于群落边缘的 5 个样点,每个样点间隔 50m,从林缘向森林深处的样点依次标记为样点 1、样点 2、样点 3、样点 4、样点 5。在每个样点内均匀布置 1 个 20m×20m 的乔木层样方,1 个 10m×10m 的灌木层样方,3 个 1m×1m 的草本层样方。分别于上午 9:30、10:00、10:30、11:00 测一次大气温度、湿度等指标并记录。分别于上午 10:00 每个样点中随机选取 2 个草本层样方内各测一次土壤温度、湿度、介电常数及电导率等土壤指标。通过对样地内土壤的理化性质和林内大气的相关环境因子的测定和相关物种分布以及多样性等情况的分析来研究由于生境的变化而产生的边缘效应。

本次实验用到的仪器主要有:湿度温度仪,用以测定林内空气温度、湿度等大气环境指标;POGO 便携式土壤多参数仪,测定 0~10cm 土壤温度、含水量、介电常数及电导率。

1.3 数据处理

1.3.1 多样性指数

以 Shannon-Wiener 指数来分别测定样点内乔木层、灌木层、草本层植物种类的多样性:

$$H = -\sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

$$\text{或者 } H = 3.3219(\lg N - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^s n_i \lg n_i)$$

式中, n_i 为某一个种的个体数, N 所有种的个体数, s 为样地内植物种数。Shannon-Wiener 指数描述的是种的个体出现的紊乱和不确定性, 不确定性越高, 多样性也就越高。即 H 值越大, 样地内的物种多样性越高。

1.3.2 相似性指数

以 Jaccard 指数来测定不同样点之间的物种相似性:

$$C_j = j/(a + b - j)$$

式中, j 为两个群落或两个样地共有种数; a 和 b 分别为样地 A 和样地 B 的物种数。 C_j 越大则两群落相似性就越大。

2 结果与分析

2.1 森林群落的物种多样性

本文所采用的实验样地属于明显的森林群落, 其垂直结构比较典型, 有明显的分层现象。这种垂直结构的分化主要决定于植物的生活型, 因为生活型决定了植物处于地面以上不同的高度和地面以下的不同深度^[9]。由于群落的组成结构是群落中植物与植物之间、植物与生境之间相互关系的显著标志, 也是群落的重要标志。从群落组成结构的角度来探讨生物群落的多样性具有重要的意义, 它是进一步深入研究生物多样功能及确定功能群的基础^[10]。

2.1.1 森林群落的物种组成

实验用样地所属的针阔混交林群落结构复杂, 植物物种组成丰富, 由植物生长的体态而形成的生长型主要分为草本层、灌木层、乔木层。据实验调查, 乔木植物大约 20 种以白桦、红松、落叶松 (*Larix olgensis*) 等为主; 灌木层植物大约有 17 种, 以暴马丁香 (*Syringa reticulata*)、疣枝卫矛 (*Euonymus verrucosoides*)、色木槭 (*Acer mono*) 等为主, 草本植物丰富大约 25 种, 以拂子茅、白花碎米荠 (*Cardamine leucantha*)、拟扁果草 (*Enemion raddeanum*) 等为主。样地内主要的植物种类如下表 1。

表 1 针阔混交林植物物种组成

Table 1 Mixed coniferous broadleaved forest composition of plant species

主要植物组成

Main composition of plant

草本 Herb 拂子茅, 舞鹤草 (*Maianthemum bifolium*), 朝鲜南星 (*Arisaema angustatum*), 山茄子 (*Brachybotrys paridiformis*), 山尖子 (*Parasenecio hastatus*), 大叶猪殃殃 (*Galium davuricum*), 拟扁果草, 羊角芹 (*Aegopodium alpestre*), 蚊子草 (*Filipendula palmata*), 白花碎米荠, 宽叶苔草 (*Carex siderosticta*), 荨麻叶龙头草 (*Meehania urticifolia*), 鹿药 (*Smilacina japonica*), 野芝麻 (*Lamium barbatum*), 大叶柴胡 (*Bupleurum longiradiatum*), 铃兰 (*Convallaria majalis*), 深山白蓬草 (*Thalictrum tuberiferum*), 山葡萄 (*Vitis amurensis*), 木贼 (*Equisetum*), 东北南星 (*Arisaema amurense*), 问荆 (*Equisetum arvense*)

灌木 Bush 暴马丁香, 毛榛 (*Corylus mandshurica*), 早花忍冬 (*Lonicera praeflorens*), 茶藨 (*Ribes maximowiczianum*), 东北山梅花 (*Philadelphus schrenkii*), 千金鹅耳枥 (*Carpinus turczaninowii*), 大叶小檗 (*Berberis ferdinandi-coburgii*), 刺五加 (*Acanthopanax senticosus*), 疣枝卫矛, 翅卫矛 (*Euonymus macropterus*), 色木槭, 白牛槭 (*Acer mandshuricum*), 裂叶榆 (*Ulmus laciniata*), 山柳 (*Salix oritrepha*), 穿龙薯蓣 (*Dioscorea nipponica*)

乔木 Arbor 白桦, 红松, 落叶松, 蒙古栎 (*Quercus mongolica*), 毛榛 (*Corylus mandshurica*), 水曲柳 (*Fraxinus mandschurica*), 青楷槭 (*Acer tegmentosum*), 紫椴 (*Tilia amurensis*), 春榆 (*Ulmus davidiana*), 花楷槭 (*Acer ukurunduense*), 怀槐 (*Maackia amurensis*), 黄檗 (*Phellodendron amurense*), 珍珠梅 (*Sorbaria sorbifolia*)

2.1.2 植物多样性的分布

对样地内所选取的 5 个不同的样点, 进行群落结构分层研究, 分别计算其物种多样性指数 (如公式 1.3.1 Shannon-Wiener 指数), 可得到表 2 所示数据。

表 2 针阔混交林内不同样点植物群落层次的物种多样性 (Shannon-Wiener 指数)

Table 2 Conifer and broadleaf mixed forest in different levels with plant community species diversity (Shannon-Wiener index)

样点编号 Transect	乔木层 Arbor	灌木层 Bush	草本层 Herb		
			样方 1	样方 2	样方 3
1	1.309	2.609	2.248	5.832	2.138
2	2.387	2.003	2.562	2.644	1.779
3	1.850	1.851	1.387	2.224	3.215
4	2.417	1.607	2.093	1.699	2.109
5	2.147	1.954	1.760	2.384	1.659

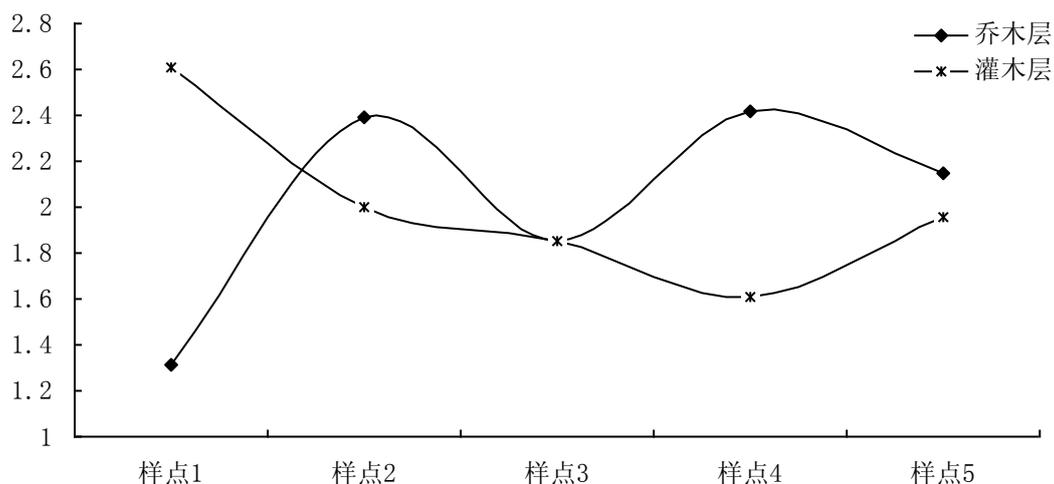


图 1 不同样点内乔木、灌木植物 Shannon-Wiener 指数

Fig.1 Not the same with trees, shrubs, Shannon-Wiener index

对于上述针阔混交林,由于在每个样点内仅设置了一个乔木层植物样方和一个灌木层植物样方,无法进行差异显著性检验,所以仅能从图像趋势及数据中进行分析。由上图可以有:随着由森林边界逐渐向森林深处的过渡,灌木层植物群落的物种多样性没有明显的差异,而乔木层植物群落有升高的趋势。

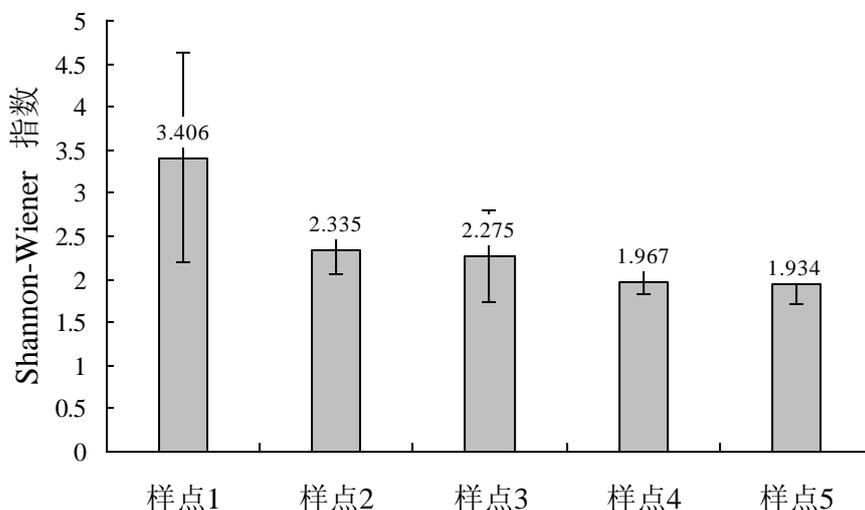


图 2 不同样点内草本植物 Shannon-Wiener 指数

Fig.2 The differentpoint within the herb Shannon-Wiener index

对不同样点内的 3 个样方分别进行物种多样性分析,并对数据进行差异显著性检验,显著性 P 值=0.481>0.05,差异不显著,这可能与样点内样方数设置较少有关系。不过,可以看出当从森林边界向森林内部深入的时候,草本层植物多样性减小。

可见,由森林边界向森林深处,草本层植物有逐渐退化的趋势,而乔木层植物、灌木层

植物种类有逐渐增多的趋势。

2.1.3 森林群落的相似性分析

对样地内 5 个不同的样点中的乔木层、灌木层、草本层分别计算相似性系数(如公式 1.3.2 Jaccard 指数), 比较样点 1 与样点 2、3、4、5 的植物群落中灌木、乔木和草本植物物种相似性以及样点 5 与样点 1、2、3、4 的植物群落中灌木、乔木和草本植物物种相似性。可有如下所示结果。

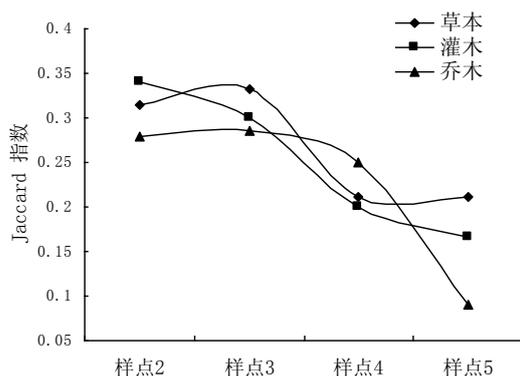


图 3 不同样点与样点 1 之间的相似性

Fig.3 Not the same with 1 similarity with the sample

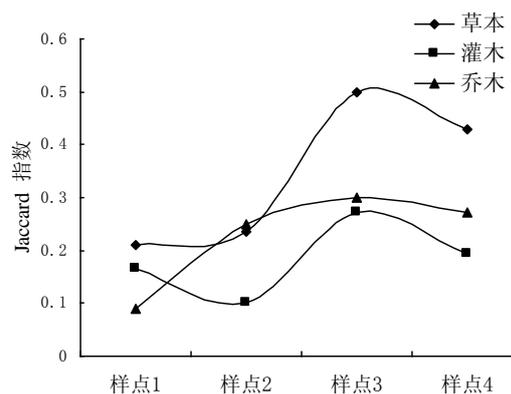


图 4 不同样点与样点 5 之间的相似性

Fig.4 Not the same with 5 similarity with the sample

由图 2 可知对于样点 1, 与样点 2 的物种相似性最大; 对于样点 5, 其与样点 4 的相似性最大; 而且不同样点之间乔木层植物的相似性差异不大, 而不同样点之间草本植物的相似性有较大差异, 变化显著。

同时, 若以样点 3 来代表森林群落的中部, 对样点 1、3、5 的植物群落进行相似性分析, 可有以下表:

表 3 针阔混交林不同地带物种相似性 (Jaccard 指数)

Table 3 Different zones conifer species similarity (Jaccard index)

	针阔混交林边缘与中部	针阔混交林中部与深处	针阔混交林深处与边缘
草本层	0.333	0.300	0.211
灌木层	0.310	0.272	0.166
乔木层	0.286	0.500	0.091

可以发现, 在针阔混交林中森林群落的边缘与中部、森林群落中部与深处的植物物种相似性均高于森林深处与边缘的植物物种相似性。结合图 3、图 4, 可以得出相邻样点的物种相似性最大。

2.2 环境因子分析

对于林内植物生长有显著作用的环境因子，主要有林内的大气环境和林内的土壤环境，通过对这些环境因子的比较分析，对揭示边缘效应的产生和后果有指导性意义，在进行生境对植物生长的影响中，由于均仅设置了一组实验，无法进行差异显著性检验，仅能对其变化的趋势进行分析。

2.2.1 林内大气环境

在林内的不同样点中，于相同时间点用温度湿度仪测定相关指标，大气环境的湿度及温度变化如下图 5 和图 6 所示。

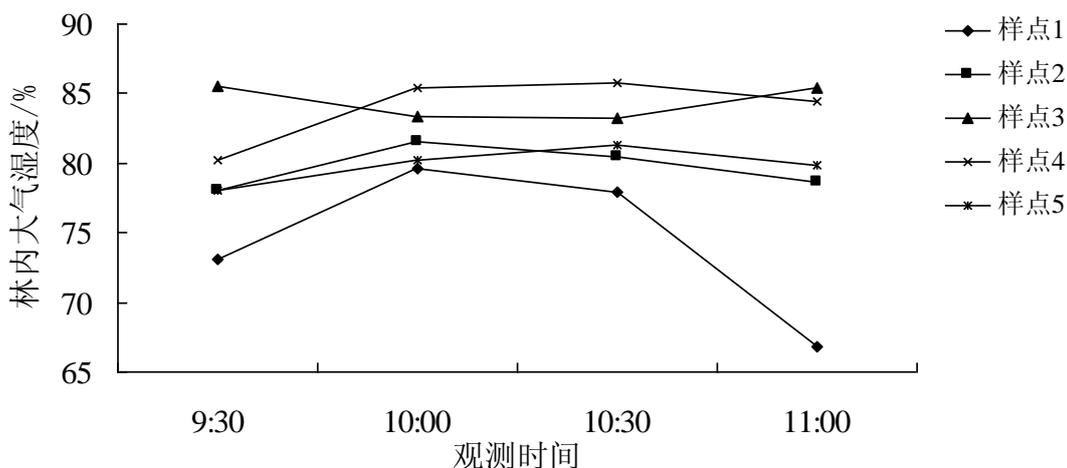


图 5 林内不同样点的大气湿度地动态变化

Fig.5 Forest is not the same with the air humidity to dynamically

由图 4 分析可以发现，同一时间点，不同样点的大气湿度不同；样点 1 与样点 2 的大气湿度总体较低，均低于其他样点；样点 1 的大气湿度变化幅度大于其他样点。所以，森林群落边缘的大气湿度低于林内大气湿度，并且森林群落边缘受群落外环境的影响较大，湿度变化幅度大于森林深处。

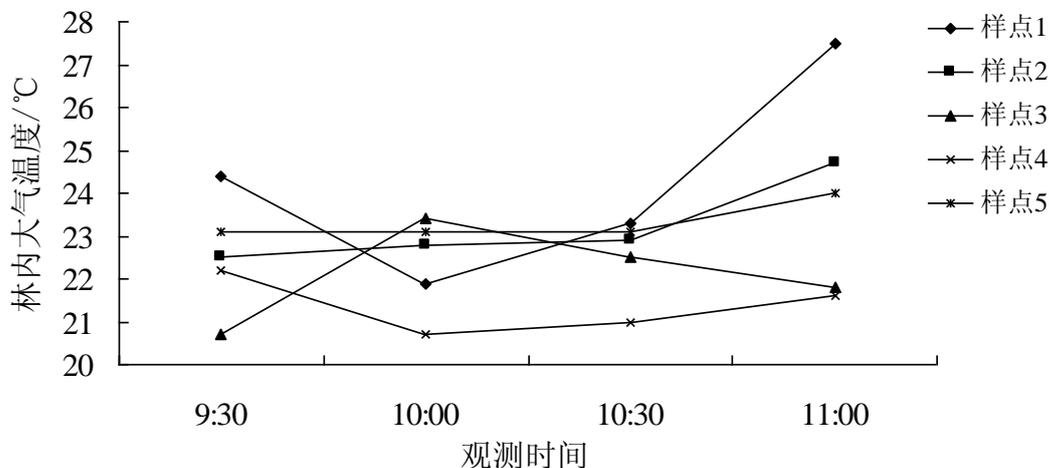


图 6 林内不同样点的大气温度地动态变化

Fig.6 Forest is not same with dynamic changes of atmospheric temperature

从图 6 中,可以看出林内的大气温度大致为 20~28℃;由于受光照等因子的影响,位于森林边缘的样点 1 的温度变化较大,而位于森林深处的样点的大气温度虽有变化,但是变化不如森林边界的温度变化大。再次说明了森林边界地带受群落外环境的变化影响要明显比森林深处的大气环境更加剧烈。

2.2.2 土壤环境

土壤为植物提供必要的营养和水分,是陆生植物生活的基质,且土壤是地球表层系统中生物多样性最丰富、生物地球化学的能量交换、物质循环最活跃的生命层^[9]。故而,土壤对于植物是很重要的生态因子,对土壤理化性质的分析对研究边缘效应有很重大的意义。本实验采用了 POGO 土壤多参数仪,对每一样点关于土壤温度、土壤湿度、实际介电常数和电导率测定了多组数据,对其平均值整理形成了图 6。

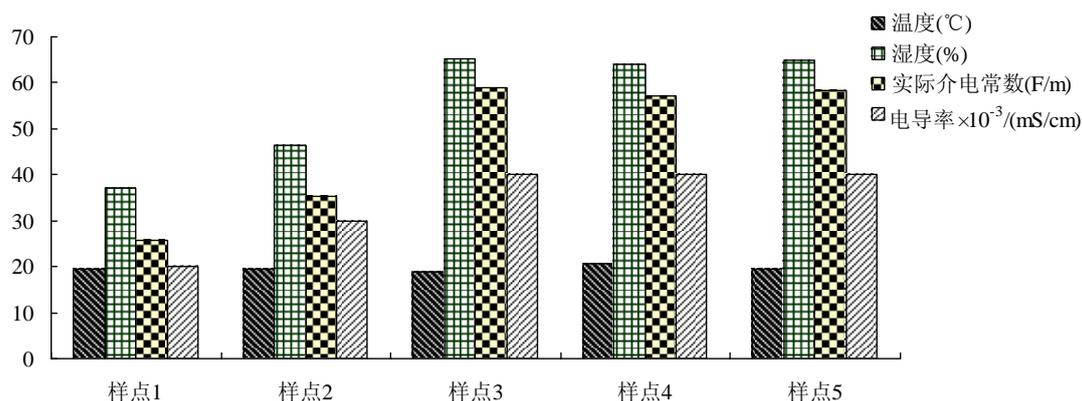


图 7 林内不同样点土壤环境的相关指标

Fig.7 Forest is not same with related index of the soil environment

根据检测,发现林内不同地点的土壤温度差异不太显著,大都稳定在 18.5~20℃。而土壤湿度、土壤的实际介电常数和电导率有较大的差异,并且由森林边缘向森林深处,这些指标有增大的趋势。经过分析,其原因为:由于向森林深处的深入,林内地面接受到的阳光较少,并且由于森林的遮蔽,林内的风速与森林边缘向比较小,所以会形成森林深处的土壤湿度较大。并且在土壤中,介电常数和电导率与离子和土壤的含水量呈正相关,所以随着林内土壤湿度的变化和与腐殖质含量的不同,使得土壤的介电常数和电导率有了相应的变化。

3 讨论与讨论

在由针阔混交林一撷荒 7 年的参地的群落边界向针阔混交林的深处深入时,草本植物多样性有明显的下降,乔木层、灌木层植物多样性有增大的趋势,总的来说该针阔混交林的边缘地区的物种多样性优于森林深处。体现了较为明显的森林群落的边缘效应。

出现边缘效应的现象,是与植物的生境密切相关的比如光照、大气的湿度及温度和土壤环境在植物生长的过程起到了极其重要的作用。光照在诸多环境因子中处于比较基础且重要的地位。它不仅直接影响物种多样性分布的梯次变化,还通过影响大气湿度、温度、土壤因子等相关环境因子来间接影响物种多样性分布的梯次变化。

在研究中发现,大气湿度及温度呈现了梯度变化,这可能与是因为森林边缘地带的大气湿度较林内的湿度而言较低且差异明显,但林内的大气湿度变化并不显著,可能的原因是森林边缘空气流动较大,属过渡地带,阳光直射强烈,风速不受高大乔木的限制,而森林内部植被茂密,郁闭度极高,因而风速减弱,阳光的直接辐射量下降,导致了林内温度下降,且由于随着森林内部高大乔木的增加,树木的蒸腾效率增大,大气湿度增加,由极高的郁闭度而减弱的风速无法带动水汽的快速散失,使得森林内部的大气湿度维持在较高的水平并保持相对的稳定,因而逐渐形成了林内和林外较高的大气湿度差^[11]。

在同一时间内,不同样带从林缘向林内土壤温度差异不太显著;土壤湿度、土壤实际介电常数及电导率则有升高的趋势。其原因如下,随着从林缘向森林里延伸植物越高大茂盛,枝叶越密,阳光就越不易穿透叶隙射进林内地面,土壤接受的太阳辐射越少,且空气流通不畅,水分不易蒸发,致使土壤湿度增大。在土壤中,介电常数和电导率与离子和土壤的含水量呈正相关,所以随着林内土壤湿度的升高和相关离子与腐殖质含量的增多,使得土壤的介电常数和电导率也相应增大。

在由针阔混交林一撷荒 7 年参地的群落边界,光照相对比较充足,而向针阔混交林的深处深入时,阳光因被边缘或高大的植物所挡,无法大量照入林中,导致林中光照强度减弱。光照充足时,有利于草本植物的大量生长,而越往林子深处,光照强度越弱,许多矮小的草本植物因无法得到充足的阳光而无法在林中生存,而比较高大的乔木因可以得到上层的阳光而拥有生存优势。总之,由于光照原因,随着由森林边界逐渐向森林深处的过渡,草本植物群落的植物多样性呈下降趋势,而乔木层植物群落有升高的趋势。

总的来说,由于受光照、大气湿度、温度、土壤因子等多种环境因子的综合作用,而形成了植物的物种多样性分布不均匀,产生了边缘效应。而植物分布的方向性也表现出了环境因子在森林边缘地区和森林深处分布不同的现象。

本次实验验证了森林群落边缘效应的现象,探明了植物的物种分布与环境因子之间的相关作用。边缘效应的现象在自然界和人类生态系统中普遍存在,我们应该充分利用边缘优势,比如设立圆形的自然保护区可以有较大的核心保护区^[12];在护田林网、防火林带^[13]和防风林带的设立并且对于人类具有重要的应用价值;通过研究植物群体的边缘效应与水平边距呈负相关^[14]以及杨树人工林地东部的边缘效应^[15]最大来提高植物的经济效益。

[参考文献]

- [1] 高洪文.生态交错带 (Ecotone) 理论研究进展.生态学杂志, 1994, 13 (1): 32~38
- [2] Leopold A. Game Management . New York : Charles Scribner' s Sons, 1933
- [3] Beecher WJ. Nesting Birds and the Vegetation Substrate. Chicago Ornithological Society, 1942.
- [4] 马世骏.边缘效应与边际生态学[M].北京:北京科学出版社, 1990:43~45
- [5] 杨新兵, 刘阳, 田超.边缘效应及其对森林生态系统影响的研究进展.应用生态学报, 2011年8月, 第22卷, 第8期 (2184~2192)
- [6] 周宇峰, 周国模.斑块边缘效应的研究综述, 华东森林经理, 2007, 21(2):1~8.
- [7] 冷佳益, 李文静, 刘莹, 秦刚, 于梁安之, 张铎, 周影, 宗婷, 李海燕. 长白山地区不同弃耕年限人参地植物生活型及生活型谱的比较. 东北师范大学生命科学学院本科生实习论文集, 2011.
- [8] 张云鹤, 王旭, 李雪姍, 赵慧, 黎明, 许晨, 李明嘉, 谷琳琳, 许威.长白山露水河地区针阔混交林的边缘效应分析.2012.
- [9] 邢福, 巴雷, 李海燕, 高莹, 董春光.长白山生态学实习指导, 东北师范大学生命科学学院, 2013.
- [10] 李新荣.俄罗斯平原一针阔林过渡带森林群落组成结构与物种多样性的研究, 生物多样性, 第7卷, 第4期, 1999年11月.
- [11] 高莹, 张宏明等.针阔混交林的边缘效应—环境因子的空间分布分析, 东北师范大学生命科学学院本科生实习论文集, 2011.
- [12] 渠春梅, 韩兴国, 苏波.片段化森林的边缘效应与自然保护区的设计管理.生态学报, 2000, 20 (1) :160~167
- [13] 杨延福, 李树山.侧柏林缘带改造成生物防火林带的探讨.山东消防, 1997 (3) :42
- [14] 杜心田, 王同朝.作物群体边际效应规律及其应用.河南科学, 2002,20 (1) :47~51
- [15] 丁宏, 周永斌, 崔建国.辽阳地区杨树人工边缘效应研究.林业科技, 2008,33 (3) :15~18

Edge effects of distribution of plant diversity and habitat condition in a coniferous and broad-leaved mixed forest in Changbai mountains

SUN Yu ; ZHANG Hai-Long ; LIU Si-Tong ; YANG Yang ; HE Yun-Cai ; JIANG Shu-Ting ; JIE Jie ; CHENG Guang-Hui

(Northeast Normal University ,School of life science ,Chang Chun,130024)

Abstract: The study about the edge effects of forest community is significant,because it reveal the distribution of species in the forest community and habitat change, community succession process and human use the significant advantages of edge effect phenomenon. In JiLin province, Lu Shui He town of abandoned a boundary clear and 7 years - needle mixed community transition zone as the research object, from community boundaries to forest within every 50 m to set the direction perpendicular to the community on the edge of the five samples, within five belt transect survey trees, shrubs and herbaceous plants were set up of quadrat investigation, using the Shannon Wiener diversity index and Jaccard similarity index and the related environmental factors make a comprehensive analysis. When the forest boundary extends to the depths of the forest, herb species have a gradual degraded trend, but shrub species have a gradual increased trend, and the adjacent samples of the species have a higher similarity. There is a clear edge effect phenomenon, which is due to light, air humidity, temperature, soil factors such as the combined effects of various environmental factors formed.

Key words: Forest community; Species diversity; Community similarity; Edge effect;; Environmental factors