

48-55

3207(b)

植物生态学与地植物学学报 1993, 17(1) 48-55
Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica

林区火灾后植物群落与冻土 环境的多元分析

张齐兵

(中国科学院兰州冰川冻土研究所, 兰州 730000)

Q948.158

摘 要

本文运用国际较为先进的双向指示种分析(TWINSPAN)多元等级分划分类方法和无趋势对应分析(DCA)排序方法对大兴安岭阿木尔林区1987年特大森林火灾后的植物群落进行了研究。通过排序结果和冻土环境的多元分析,得出:DCA排序轴1代表了土壤岩性与地形的梯度而决定植物群落的分布;DCA排序轴2则反映了森林火烧的程度梯度,并通过冻土融化深度和浅层地温值的变化而影响植物群落的分布,运用相关回归分析方法,定量地找出了它们之间相互关系的回归方程。据此,进而探讨了该地区森林火灾后冻土环境的变化对植物次生演替方向和进程的影响。

关键词 大兴安岭; 植物群落; 冻土环境; 森林火灾; 双向指示种分析; 无趋势对应分析

一、引 言

1987年5月6日—6月2日,我国东北大兴安岭一场特大森林火灾,使该区的森林资源遭到了巨大损失,同时对这里的多年冻土环境也产生了显著的影响。了解和掌握火灾后该区植物群落与冻土环境的相互关系及其变化规律对促进其植物次生演替和森林资源的恢复有着重要意义。植物群落的TWINSPAN分类法和DCA排序法是目前国际上较为先进的群落多元分析方法之一,用它们来对大兴安岭特大森林火灾后的植被及其冻土环境进行多元分析国内尚无先例。在此,作者采用该方法对1990年5月下旬—8月中旬间在现场野外工作时的调查资料进行分析整理,得出了较为理想的结果。

二、自然地理概况

阿木尔林区位于大兴安岭北部,属我国最北的漠河县管辖。其地理位置为 $52^{\circ}50'N$, $123.11'E$ 。

本区属寒温带大陆性气候,具有夏季短暂、冬季漫长、严寒、积雪期长等特点。据阿木尔气象站资料,该区年平均气温为 $-4.9^{\circ}C$,年平均最高气温为 $31.4^{\circ}C$,年平均最低气温为 $-47.2^{\circ}C$,年平均降水量为432.0mm。冻结期长达8个月。

该区为低山宽谷台原地貌。第四纪松散沉积物广泛分布。岩性以花岗岩为主,并有凝灰角砾岩等多种岩类。土壤多为基岩分化程度低的棕色针叶林土,土层浅薄,谷地沼泽

本文于1990年11月收到,1991年12月收到修改稿。兰州大学生物系王孝安博士给予热情帮助,本所周幼吾、王家澄、顾仲伟等同志参加了野外工作。特此致谢!

为沼泽土。该区为多年冻土连续分布区^[8],可见到冻胀丘,石河等冻土现象。在不同的地貌单元中,最大季节融化深度也不同,大致为 0.6—3.5m 左右。

在植被区划上,该区属于我国寒温带针叶林区域。植物的组成种类较贫乏,植被类型也较单纯。1987 年 5 月的特大森林火灾烧毁了这里的大片兴安落叶松 (*Larix gmelinii*) 森林,仅在局部地区尚保留未过火林。火烧后 3 年,过火迹地上的植物次生演替系列随过火程度、冻土条件及种源保留、侵入情况的不同而不同。

三、研究方法简述

1. 野外选点及取样

1990 年 5 月下旬—8 月中旬,作者与考察组同志一道在大兴安岭塔河、阿木尔、图强和西林吉等 4 个林业局对森林火灾后的植被与冻土环境做了线路考察。之后选取了阿木尔林业局作为野外定点观测站,根据火烧程度、地形和植被外貌的变化,设置了 4 个剖面观测样线。对各种不同的植物群落类型以典型取样法做样方调查。样方面积按乔木林地 $10 \times 10\text{m}^2$ 、高灌木 ($H > 0.5\text{m}$) $4 \times 4\text{m}^2$ 、小灌木 ($H < 0.5\text{m}$) $2 \times 2\text{m}^2$ 、草本 $1 \times 1\text{m}^2$ 设置。记录样方内所有的植物种类、多度、盖度、高度等群落特征值,并同时记录了其生境条件,测量了冻土融化深度、土壤含水量及浅层地温值等。共取典型样方 38 个,基本上包括了该区的主要植物群落类型。

2. 植物群落的数量分类与排序

根据野外的植物样方调查资料,删去稀少种,以“样方-种数据矩阵”中的种百分盖度为原始数据,采用 TWINSpan 程序进行群落分类;采用 ORDINA 程序进行主成分分析 (PCA) 排序;采用 DECORANA 程序进行相互平均法 (RA) 和无趋势对应分析 (DCA) 排序。经比较分析,DCA 排序方法较 PCA 和 RA 方法为优,它能较为客观地反映出植物群落之间及其与环境因子之间的相互关系,避免了 RA 排序中的“弓形畸变”,故本文中采用 DCA 排序来进一步分析其环境解释。全部运算在中国科学院兰州高原大气研究所计算室 VA × 11/780 计算机上完成。

3. DCA 排序轴与环境因子的多元相关回归分析

首先,根据各取样点的生境记录和取样点在 DCA 排序图上的位置,分析各排序轴所反映的生态意义。然后用环境因子测量值与群落在排序轴上的座标值进行相关分析,再取相关的量做多元回归方程,并进行显著性检验,从而找出植物群落与环境因子之间的定量关系。

四、研究结果

1. TWINSpan 分类

表 1 是用 TWINSpan 多元等级分划方法对调查区 38 个样方和 32 种植物的分类结果。选择的最多分划水平为 4,每次分划最多指示种数目为 4。表 1 的下方和右侧分别

续表 1

样方号 Plot number	群落类型 Community type	种名 Species	Division level													
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L		
1 1 1 2	3 5 7 4 8 9 0		1 1 1 8 8	1 1 8 5 0 1	1 2 9 2	2 4	8 8	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	1 2 2 2	8 8 8	1 2 2 8 3	0 4 5 6	9 0 3 4 8 7	0 0 1 0
26	榛斗菜	<i>Agrostis viridiflora</i>	-- 1 --	-- 1 --	1 1 1	1 1	--	--	--	--	1 1	--	--	--	--	0 0 1 0
27	贝加尔野豌豆	<i>Vicia baccataensis</i>	--	2 --	--	4 --	--	--	8 1	1 1	--	--	--	--	--	0 0 1 0
28	二叶午鹤草	<i>Maianthemum bifolium</i>	-- 1 1 5 --	-- 2 1 --	8 --	--	--	--	--	2 2 2	1	--	--	--	--	0 0 1 0
14	越桔	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	5 6 6 7 7 7 5	5 5 5 4 5 5	5 5 5 5 5 8 8	4 5 5 5	4 4 6 2	6	2 2	--	--	--	--	--	--	0 0 1 1
18	柳叶绣线菊	<i>Spiraea salicifolia</i>	-- 8 --	-- 1 4 --	8 3 2	1	--	--	--	3 1 2	--	--	--	--	--	0 0 1 1
22	肉叶凤毛菊	<i>Saussurea amurensis</i>	--	-- 1 --	1 --	1	1 2	3 3 4 2 1	1	--	--	--	--	--	--	0 0 1 1
12	狭叶杜香	<i>Ledum palustre var. angustum</i>	5 5 6 3	5 5	--	--	5 5	3 3 3 2	--	--	--	6 2 7 5	2 2 2 3 8	--	--	0 1
13	笃斯越桔	<i>Vaccinium uliginosum</i>	-- 5 --	--	--	2	5 6	7 8 8 7	4	8	--	5 4	5 5 2	5 8	0 1	0 1
29	苔草	<i>Carex sp.</i>	--	4	2 1	--	3 4 3	4	5 6	5 7	--	--	--	--	0 1	0 1
7	丛桦	<i>Betula fruticosa</i>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	5 4 5	5 5 5 6 4	--	--	1 0 0
32	泥炭藓	<i>Sphagnum sp.</i>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	7 8 6	4 5 5 6 5 6	--	--	1 0 0
10	越桔柳	<i>Salix myrtilloides</i>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1	--	--	--	1 0 1
11	沼柳	<i>S. brachypoda</i>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2	--	2 2	3	1 0 1
16	金老梅	<i>Desiphora fruticosa</i>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1	1	2 2	1 0 1
31	羊胡子草	<i>Eriophorum vaginatum</i>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1	0 4 7 6 4	--	--	1 0 1
9	小叶杜鹃	<i>Rhododendron parvifolium</i>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1	2 2	1 1 5	1 1	1 1
样方分割水平			0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0
Division level of plots			0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0

A: 兴安杜鹃 - 狭叶杜香 - 越桔群落; B: 兴安杜鹃 + 白桦 + 牛蒡 + 赤杨群落; C: 兴安杜鹃 - 裂叶杜香 + 越桔群落; D: 桦子松 + 兴安落叶松群落;
 E: 越桔 - 笃斯越桔 + 狭叶杜香群落; F: 笃斯越桔 - 越桔群落; G: 裂叶杜香 + 越桔 - 地榆群落; H: 狭叶杜香 + 青草 - 越桔群落;
 I: 丛桦 - 狭叶杜香 - 泥炭藓沼泽群落; J: 丛桦 - 羊胡子草 - 泥炭藓沼泽群落; K: 丛桦 - 笃斯越桔 - 泥炭藓沼泽群落; L: 兴安落叶松 - 小叶杜鹃 - 泥炭藓沼泽群落;

显示了对样方和种的划分水平和类型。其结果将阿木尔林区火灾后的植物群落划分为12个类型,概括了该区的主要植物群落类型。所得结果与野外工作时根据群落结构与外貌特征而划分的基本吻合。

2. DCA 排序

图1为结合上述群落分类结果对调查区植物群落的DCA二维排序图。该排序结果较好地反映了群落之间以及群落与环境之间的关系。

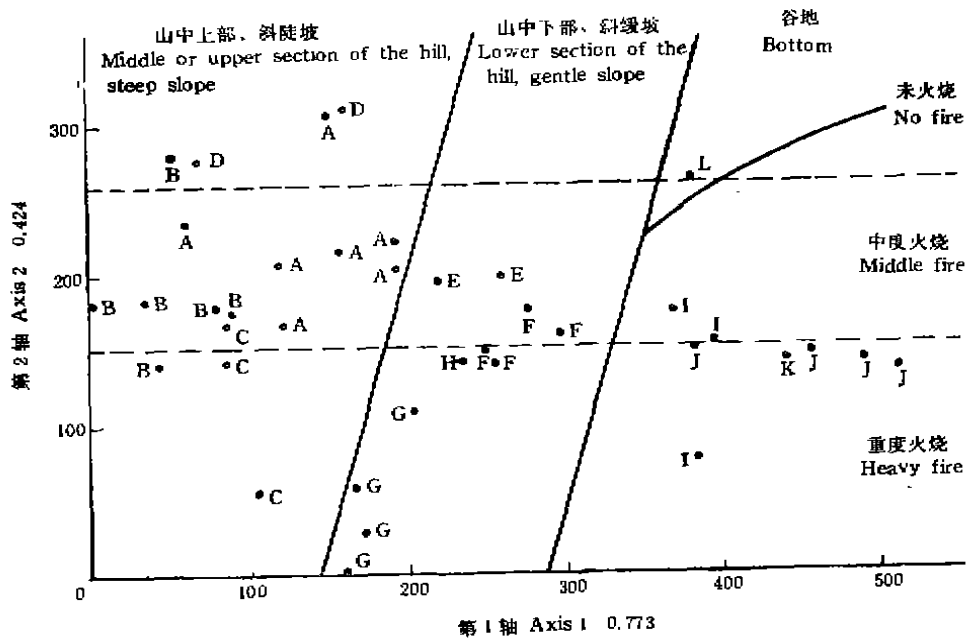


图1 大兴安岭阿木尔林区火灾后植物群落的DCA二维排序(图中字母符号代表植物群落类型,见表1)

Fig.1 DCA ordination for the first and the second axis of plant communities after the disastrous fire in Amur forest land of Mt Daxinganling. (The letter symbols in the fig. stand for plant community types as defined in table 1)

DCA排序轴1代表了土壤岩性与地形的梯度,其特征值为0.773。在座标为0—180的区间内,为山脊、山的中上部或陡坡地形,土体薄、颗粒大,为干燥的粗中砂土,下伏碎石层,土层孔隙度大,排水和通气性好。此处分布的植被有:樟子松+兴安落叶松群落,兴安杜鹃+白桦萌生苗+赤杨群落等类型。在座标为180—340的区间内,为山的中下部、缓坡地形;土壤为残积和坡积之碎石组成的亚砂土、亚粘土,土层孔隙度、排水、通气性较前者差。这里分布的植被主要有越桔-笃斯越桔+狭叶杜香群落,裂叶蒿+越桔-地榆群落等类型。在座标为340—520的区间内,为谷地沼泽地;土壤为沼泽土,颗粒较细,泥炭发育,地表积水。这里分布的植被主要有兴安落叶松-小叶杜鹃-泥炭藓沼泽群落及丛桦-羊胡子草-泥炭藓沼泽群落等类型。

由此可见,DCA排序轴1反映了土壤岩性与地形特征是作为主导因子而决定着植物群落在该轴上的分布的。其中土壤岩性与地形又由于山体中颗粒的残积、坡积与冲积等

作用而相互联系。

DCA 排序轴 2 的特征值为 0.424, 该轴反映了森林火烧的程度梯度, 并可通过冻土在 6 月中旬的融化深度和浅层地温值而反映出来。这是因为: 在夏季, 冻土上的植被可以减少地面的阳光直射、土壤增温和水分蒸腾, 降低地表温度^[7], 从而保护冻土的存在和发育, 减缓多年冻土活动层的融化速度。火烧后, 植被遭到不同程度的破坏, 因而使冻土在各时期的融化深度和浅层地温值也随之而发生变化。其中, 6 月中旬植物刚进入生长中期, 与所处的冻土环境关系较为密切。

由于谷地沼泽与山坡地为两种截然不同的地貌单元, 决定这两处植被生长的生态条件差异甚大。在此, 我们仅选山坡地的植被群落类型与冻土环境进行多元分析。它们沿轴 2 的变化特征列表比较如下:

表 2 大兴安岭阿木尔林区植物群落与冻土环境沿 DCA 排序轴 2 的特征变化

Table 2 The characteristic changes of the plant communities and permafrost environment along the DCA ordination axis 2 after the disastrous fire in Amur forest land of Mt. Daxinganling

	重 度 火 烧 Heavy fire	中 度 火 烧 Middle fire	未 火 烧 No fire
DCA 轴 2 座标值 Coordinate value on DCA axis 2	0—150	150—260	260—320
6 月中旬冻土环境特征 Features of permafrost environment	冻土融化深度大, 达 60—70 cm; 浅层地温值高 ¹⁾ , 达 11—14℃	冻土融化深度较大, 为 50—60 cm; 浅层地温值较高, 为 9—11℃	冻土融化深度小, 仅 40—50 cm; 浅层地温值低, 仅 8—9℃
植物群落特征 Features of plant communities	森林被完全烧毁, 火烧木已清理。种类组成中, 裂叶蒿、柳兰、地榆、小叶章等喜阳耐干植物明显增多, 草本植物茂密。白桦萌生苗成簇生长, 赤杨、兴安杜鹃等灌木生长旺盛	林木稀或中稀, 部分树木已复活。狭叶杜香、笃斯越桔、白桦萌生苗、赤杨等为优势种, 也有裂叶蒿、柳兰、地榆等植物生长, 但其多度较重度火烧区为小	樟子松、兴安落叶松林, 覆盖度达 70% 左右。林下植物组成较单纯, 有红花鹿蹄草、越桔等。林窗下, 有刺玫蔷薇、野豌豆等植物生长

1)“浅层地温值”按地中 10cm 与 20cm 温度平均值计算。

可见, 森林火灾后引起的冻土环境变化确与该区植物群落的分布和种类组成有着紧密的关系, 且可在 DCA 排序轴 2 上反映出来。

DCA 排序轴 2 与 6 月中旬冻土融化深度和浅层地温值的简单相关系数分别为:

$$r_1 = -0.722 (p < 0.01)$$

$$r_2 = -0.54 (p < 0.05)$$

用各植物群落在 DCA 轴 2 上的座标值与上述两项冻土环境值进行回归分析, 得到其相互关系为二元线性回归方程:

$$A \times 2 = 588.16 - 5.67X_1 - 11.44X_2$$

其中 $A \times 2$ 为 DCA 排序轴 2。

X_1 为 6 月中旬冻土融化深度值。

X_2 为浅层地温值。

经显著性检验 $F = 9.77 (P < 0.01)$

由此可见,该回归方程比较显著地反映了植物群落在 DCA 排序轴 2 上的座标值与 6 月中旬冻土融化深度和浅层地温之间的相互关系。

五、讨 论

1. 植物演替与冻土演化

大兴安岭北部广阔的自然森林植被是受该区大气候条件所决定的,冻土则是该特殊气候条件下的产物,它与植物的生长,根系的发育有着紧密的关系。我们认为该区的多年冻土环境为这里的天然森林生长创造了独特的生态条件;反过来,森林植被的生长又作为隔热层而保护了该区多年冻土的存在,两者相辅相成,协同演化。火灾后,冻土环境发生了变化,植被类型也随之改变。若今后没有大的重复的破坏,则随着植被的恢复生长,冻土最大融化深度和浅层地温值也将减小。从回归方程看,植被类型在 DCA 排序轴 2 上的座标值将增高,亦即植物群落类型将从裂叶蒿+越桔-地榆群落及狭叶杜香+苔草-越桔群落等类型逐渐演替为兴安杜鹃+白桦萌生苗+赤杨群落等类型,然后经植物自疏作用和针叶树种生长而逐渐形成针阔混交林,最后演替为该区的顶极群落类型——兴安落叶松林。冻土环境也逐渐向火灾前的水平恢复。

从火灾后 3 年的情况来看,该区植物次生演替进展顺利,已经过草本植物阶段,正向或已经达到小灌木、灌木阶段,将向次生白桦林或白桦山杨林演替^[1],中度、轻度过火区相当一部分林木已复活,且长势较好。以后若不再发生大的扰动,再加上加强环境保护和人工抚育,则大兴安岭的森林资源和多年冻土环境将能得到重新恢复。

2. 方法讨论

将数量分类,排序以及经典分类方法相互结合使用,使得它们相互补充相互促进,是植被生态学研究一条非常可取的途径。我国学者运用该方法在对青藏高原植被,河漫滩草甸植被及高山冻原植被等类型的研究中都得出了较好的结果^[6,9,11]。从本项工作看,用该方法来研究多年冻土区森林火灾后植被变化及其与冻土环境的相互关系也是一种行之有效的方法。

影响植物生长的环境因子很多,且是相互影响、综合作用的。本文中我们仅讨论了多年冻土区中与植被生长有密切关系的冻土环境因子对植物群落形成和分布的影响。从相关系数和显著性检验来看,结果较为理想。今后应在此基础上考察更多的环境因素,进行分析,以期能得出更好的解释。

参 考 文 献

- [1] 孙鸿良, 冯宗伟, 1988: 大兴安岭北部森林生态系统特征与特大火灾后拯救与发展生产的生态学原则, 中国环境科学, 8(2)58—61。
- [2] 刘慎谔主编, 1979: 东北植物检索表, 科学出版社。
- [3] 阳含熙、卢泽恩, 1981: 植物生态学的数量分类方法, 科学出版社。
- [4] 吴征镒主编, 1980: 中国植被, 科学出版社。
- [5] 张利权, 1987: 瑞典河漫滩草甸植被的数量分类和排序, 植物生态学与地植物学学报, 11(3)171—182。
- [6] 钱宏, 1990: 长白山高山冻原植物群落数量分类和排序, 应用生态学报, 1(3)254—263。
- [7] 李志业, 1987: 高原植物与冻土季节融化层的关系, 冰川冻土, 9(2)149—156。
- [8] 郭东信、王绍令等, 1981: 东北大小兴安岭多年冻土分区, 冰川冻土, 3(3)1—9。
- [9] D. H. S. Chang and H. G. Gauch, Jr., 1986: Multivariate analysis of plant communities and environment factors in Ngari, Tibet. *Ecology*, 67(6): 1568—1575.
- [10] Keith Yan cleve and Leslie A. Yiereck, 1984: A comparison of successional sequence following fire on permafrost-dominated and permafrost-free site in Interior Alaska. The Forth International Conference on Permafrost.

MULTIVARIATE ANALYSIS OF PLANT COMMUNITIES AND PERMAFROST ENVIRONMENT AFTER THE DISASTROUS FIRE IN AMUER FOREST LAND

Zhang Qi-bin

(Lanzhou Inst. of Glaciology & Geocryology Academia Sinica)

Abstract

The plant communities after the 1987's turbulent forest fire in Amuer forest land of Mt. Daxinganling were studied by using the methods of TWI-NSPAN polythetic hierarchical divisive classification (TWINSPAN program) and DCA ordination (DECORANA program). By multiple regression analysis to interpret of the DCA ordination axis on permafrost environment factors, we conclude that DCA axis 1 reflects the gradient of soil characteristics and topography which determine the distribution of plant communities; DCA axis 2 is interpreted as the gradient of forest fire intensity, and it can causes changes of the depth to frozen soil and the shallow soil temperature of surface layer which are the significant factors for the distribution of plant communities. Furthermore, we used the correlation and regression method in analysing the relationship between DCA axis 2 and permafrost environment factors, and as a result, a regression equation was produced. We also discussed the directions and stages of plant secondary succession under the influence of permafrost environment development based on the results of the above analysis.

Key words Daxinganling, Plant communities, Permafrost environment, Forest fire, TWINSPAN, DCA