

山西恒山温带草原与暖温带落叶阔叶林 交错区植被生态研究

马晓勇¹, 上官铁梁^{1,2,*}, 张 峰^{1,3}

(1. 山西大学黄土高原研究所, 山西 太原 030006; 2. 山西大学环境与资源学院, 山西 太原 030006;
3. 山西大学生命科学与技术学院, 山西 太原 030006)

摘要: 在中国植被分区上, 山西恒山是温带草原地带与暖温带落叶阔叶林地带的交错区。采用 TWINSpan 分类和 DCA 排序相结合的方法, 对恒山南北坡植被类型进行了比较研究。TWINSpan 分类结果将南北坡的植被分别划分为 16 个群丛和 20 个群丛, 分别隶属于 16 个和 20 个群系。DCA 排序较好的印证了其分类结果: DCA 排序第一轴反映海拔、温度的变化, 南坡植被随海拔的升高, 从耐旱的山蒿灌丛向寒温性的针叶林过渡, 北坡由旱生的长芒草原也向寒温性的针叶林过渡; 第二轴反映湿度的变化, 排序轴从上到下, 南坡由低海拔的山蒿群丛向高海拔的华北落叶松群丛, 北坡是由长芒草、碱茅群丛向青杨群丛过渡。DCA 排序结果显示, 南北坡基带植被的群丛组成迥然不同, 南坡基带为山蒿群丛、三裂叶绣线菊-山蒿 + 赖草群丛、虎榛子-披针叶苔草群丛, 是落叶阔叶林破坏后形成的次生植被类型; 北坡基带为长芒草群丛、碱茅 + 千里光群丛、三裂叶绣线菊-硬质早熟禾群丛、山菊 + 硬质早熟禾群丛, 具有典型的草原植被特征, 这与它们所处的植被带有较高的吻合度。南北坡随海拔升高, 植被类型表现出明显的趋同性。对南北坡群系的比较结果表明: 有 4 个群系为南北坡共有, 但群丛数量存在较大的差异, 三裂叶绣线菊群系、山蒿群系在南坡的群丛数要比北坡多, 披针叶苔草群系在北坡的群丛数要比南坡多, 华北落叶松群系分布大致相同。

关键词: 恒山南北坡植被; 群丛; 群系; TWINSpan; DCA

文章编号: 1000-0933 (2006) 10-3372-09 **中图分类号:** Q143, Q948.15 **文献标识码:** A

Ecological studies of vegetation in the ecotone between temperate grassland and warm-temperate deciduous broad-leaved forest of Hengshan Mountains, Shanxi

MA Xiao-Yong¹, SHANGGUAN Tie-Liang^{1,2,*}, ZHANG Feng^{1,3} (1. Institute of Loess Plateau, Shanxi University, Taiyuan 030006, China; 2. School of Environment and Resource, Shanxi University, Taiyuan 030006, China; 3. School of Life Science and Technology, Shanxi University, Taiyuan 030006, China). Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(10): 3372~3379.

Abstract: Hengshan Mts, Shanxi, is located in the ecotone between temperate grassland zone and warm-temperate deciduous broad-leaved forest zone according to the result of China vegetation regionalization. The differences between vegetation types on the south and north slopes of Hengshan Mountains were studied comparatively by using both TWINSpan and DCA based on the vegetation data set from the field. The result produced by TWINSpan indicated that the vegetation was divided into 16 and 20 associations, among which Ass. *Larix principis-ruprechtii*-*Dendranthema chonetii*, Ass. *Larix principis-ruprechtii*-*Hippophae rhamnoides* subsp. *sinensis*-*Sanguisorba officinalis*, Ass. *Larix principis-ruprechtii*-*Equisetum ramosissimum*, Ass. *Roegneria kamoji* + *Sanguisorba alpine*, Ass. *Larix principis-ruprechtii*-*Potentilla anserina*, Ass. *Larix principis-ruprechtii*-*Calamagrostis pseudophragmite*, Ass. *Artemisia brachyloba* + *Dendranthema chonetii*, Ass. *Leymus secalinus* + *Artemisia brachyloba*, Ass. *Ostryopsis davidiana*-*Carex lanceolata*, Ass. *Spiraea trilobata*-*Artemisia brachyloba* + *Leymus secalinus*, Ass. *Spiraea trilobata*-

基金项目: 山西省自然科学基金资助项目 (981023)

收稿日期: 2005-07-24; **修订日期:** 2006-02-20

作者简介: 马晓勇 (1976~), 男, 山西文水人, 博士生, 主要从事植物生态学研究。E-mail: mxy@sxu.edu.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: tlg@sxu.edu.cn

Foundation item: The project was supported by Shanxi Natural Science Foundation (No. 981023)

Received date: 2005-07-24; **Accepted date:** 2006-02-20

Biography: MA Xiao-Yong, Ph. D. candidate, mainly engaged in plant ecology. E-mail: mxy@sxu.edu.cn

Artemisia brachyloba-*Dendranthema chanelii* + *Dendranthema chanelii*, Ass. *Artemisia brachyloba* + *Oxytropis caerulea*, Ass. *Carex lanceolata*, Ass. *Artemisia brachyloba* + *Artemisia lavandulaefolia*, Ass. *Artemisia brachyloba*, and Ass. *Artemisia giraldii* + *Artemisia brachyloba* on the south slope and belonged to 6 formations, moreover, Ass. *Stipa bungeana*, Ass. *Puccinellia distans* + *Senecioneae* sp., Ass. *Poa sphondylodes* + *Carex lanceolata*, Ass. *Senecioneae* sp. + *Silene jensseensis*, Ass. *Sanguisorba alpina* + *Artemisia lavandulaefolia*, Ass. *Silene jensseensis*-*Artemisia lavandulaefolia*, Ass. *Denfranthema zawwaskii* + *Artemisia lavandulaefolia*, Ass. *Denfranthema zawwaskii* + *Poa sphondylodes*, Ass. *Populus cathayana*, Ass. *Carex lanceolata* + *Anaphalis hancockii*, Ass. *Larix principis-ruprechtii*-*Poa sphondylodes*, Ass. *Larix principis-ruprechtii*-*Carex lanceolata*, Ass. *Larix principis-ruprechtii*-*Polygonum viviparum*, Ass. *Larix principis-ruprechtii*-*Equisetum ramosissimum*, Ass. *Larix principis-ruprechtii*-*Hippophae rhamnoides* subsp. *sinensis*-*Roegneria kamoji*, Ass. *Carex lanceolata* + *Poa sphondylodes* + *Sanguisorba alpina*, Ass. *Sanguisorba alpina* + *Galium verum*, Ass. *Artemisia brachyloba* + *Artemisia lavandulaefolia*, Ass. *Spiraea trilobata*-*Poa sphondylodes*, and Ass. *Hippophae rhamnoides* subsp. *sinensis*-*Vicia amoena* on the north slope belonging to 11 formations.

The result produced by DCA showed that vegetation of the south slope varies from *Artemisia brachyloba* scrub arid-tolerance to cold-temperature coniferous forest and that of the north slope varies *e. g.*, *Stipa bungeana* steppe to cold-temperature coniferous forest along first axis standing for elevation and temperature. Down the second axis standing for moisture, south slope varies from Ass. *Artemisia brachyloba* at low elevation to Ass. *Larix principis-ruprechtii* at high elevation, while the north slope varies from Ass. *Stipa bungeana* and Ass. *Puccinellia distans* to Ass. *Populus cathayana*. The result from the ordination suggested some substantial differences concerning vegetation types of both slopes, namely, Ass. *Spiraea trilobata*, Ass. *Spiraea trilobata*-*Artemisia brachyloba* + *Leymus secalinus*, and Ass. *Ostryopsis davidiana*-*Carex lanceolata* were the secondary vegetations after deciduous broad-leaved forest was destroyed in the south slope, while Ass. *Stipa bungeana*, Ass. *Puccinellia distans* + *Senecioneae* sp., Ass. *Spiraea trilobata*-*Poa sphondylodes*, and Ass. *Denfranthema zawwaskii* + *Poa sphondylodes* in the north slope had characteristics typical of steppe vegetation. With the rising of elevation, the vegetation types showed some homogeneity.

Compared between vegetation types including Form. *Larix principis-ruprechtii*, Form. *Artemisia brachyloba*, Form. *Spiraea trilobata*, Form. *Ostryopsis davidiana*, Form. *Hippophae rhamnoides* subsp. *sinensis*, Form. *Carex lanceolata*, Form. *Stipa bungeana*, Form. *Senecioneae* sp., Form. *Poa sphondylodes*, Form. *Artemisia lavandulaefolia*, Form. *Populus cathayana*, Form. *Sanguisorba alpina*, and Form. *Hippophae rhamnoides* subsp. *sinensis* in the south and north slopes, it showed that they shared Form. *Larix principis-ruprechtii*, Form. *Artemisia brachyloba*, Form. *Spiraea trilobata*, and Form. *Carex lanceolata* in both the slopes. However, some obvious difference existed in association numbers. The association number of Form. *Spiraea trilobata* and Form. *Artemisia brachyloba* on the south slope were more than those on the north slope, and the association number within Form. *Carex lanceolata* was more on the north slope than on the south, while the association number of Form. *Larix principis-ruprechtii* was close on both the slopes. All above differences were closely related to different vegetation zones with different collocations of ecological factors on different slopes such as water and temperature.

Key words: vegetation; north and south slopes; Hengshan Mountains; association; formation; TWINSpan; DCA

植被是自然地理景观中最能综合反映各种自然地理要素的、最敏感和明显的组成部分,植物群落是生态系统的核心和基本功能单位,植被区划对于综合自然区划和生物圈的研究具有重大意义。所以,植被区划始终是植被生态学中最重要的理论问题和实际任务之一^[1]。对植被交错带植物群落的比较研究,是确定植被分区的重要基础工作和科学依据。国际上对植被地带分异性的研究主要集中在气候对植被分布规律的影响方面^[2~5]。近年来,又引入了现代数量生态学的方法定量研究不同生态因子对植被的影响程度^[6~10]。中国植被的地带性研究更加重视全球变化对植被大空间格局影响和小空间尺度的植物种群分布与生态因子关系研究^[11~17],但对气候-植被交错带的比较研究少有报道。

恒山山脉在中国气候区划上是暖温带和温带的分界,在土壤区划上是褐土和栗钙土的分界,在植被区划

上是暖温带落叶阔叶林地带与温带草原的分界,在农业区划上是耕作农业和畜牧业的分界^[1,18]。关于恒山植被的研究报道较少,主要有植被类型与分布^[19,20],植物区系分析^[21,22]。将恒山作为温带草原和暖温带落叶阔叶林地带分界的论述见于《中国植被》^[1]、《山西植被》以及有关研究报告^[23~25]。上述研究均是从路线踏查和整体景观的角度来考虑的,而对恒山南北坡植被定量化、系统化的比较研究以揭示南北坡植被分异的规律性还鲜有报道。本文采用 TWINSpan 和 DCA 相结合的分析方法,对恒山南北坡植物群落类型和分布的差异进行比较研究,目的是从定量分析的基础上揭示恒山南北坡植物群落的类型、结构、分布规律,进而全面了解恒山植物群落与生态环境的相互关系和南北坡植被在群落类型和分布上的差异性,为恒山作为中国温带草原植被地带和暖温带落叶阔叶林地带分界的论断提供定量的理论支持。

1 研究方法

1.1 研究地区自然概况

恒山系剥蚀地垒块高中山,东起河北省的小五台山,呈东北-西南走向,地理位置为 112°45'~114°05'E, 39°07'~40°48'N,在山西省境内长达 200km,宽约 20~30km,总面积约计 5 850km²。最高峰馒头山,海拔 2426m。相对高差 800~1400m。山脉主要由太古界变质岩系组成的地垒状块山地,部分山断出露寒武、奥陶系石灰岩和石炭、二迭系砂、页岩。山脉的两侧均以断层崖与盆地相接。北坡陡峭,南坡和缓。恒山南北坡自然生态环境的整体差异性见表 1。

表 1 恒山南北坡自然概况

Table 1 South and North general natural situation of Heng Mts

坡向 Slope aspect	气候 Climate	年均气温 Average temperature	年均降水量 Average rain fall	无霜期 Frost-free season	地带性土壤 Zonal soil	地带性植被 Zonal vegetation
南坡 South slope	暖温带半干旱气候 Warm temperate zone semi-arid climate	6.3 °C	377.2mm	134~191d	褐土 Cinnamon soil	暖温带落叶阔叶林 Warm temperate deciduous broad-leaved forest
北坡 North slope	温带气候 Temperate climate	7.2 °C	374.1mm	122~179d	栗钙土 Chestnut soil	温带草原 Temperate grassland

在对恒山南北坡植被的整体调查和综合分析的基础上,选择能够反映恒山南北坡植被差异性的跑马梁山(海拔高度 2265m)为研究区域,地理位置 113°18'~113°38'E, 39°20'~39°30'N,在行政区划上属山西省应县北楼口镇、白马石乡(北坡)和繁峙县砂河镇(南坡),东西约 20km。

1.2 样地选择和取样

2003 年 8 月,对恒山南北坡植被进行了野外调查。分别从南、北坡基带海拔 1300m 开始,海拔高度每升高 100m 设置 2~4 个样地,每个样地取样方 2~3 个,乔木样方面积 10 × 10m²,灌木样方面积 4 × 4m²,草本样方面积 1 × 1m²,南坡共取样方 65 个,北坡共取样方 73 个,合计样方 138 个。野外记录包括:(1)乔木种的优势度、高度、胸径和株数;(2)灌木的盖度和高度;(3)草本植物的盖度和高度;(4)乔木层盖度、灌木层盖度、草本层盖度和总盖度,海拔、坡向、坡度等环境因素。南坡 65 个样方共记录 118 个植物种,把频率和盖度皆 ≤ 5% 的偶见种剔除后,得到 65 × 74 的原始数据矩阵。北坡 73 个样方共记录 161 个植物种,把频率和盖度皆 ≤ 5% 的偶见种剔除后,可得 73 × 87 的原始数据矩阵。

2 数据分析

2.1 重要值计算

对乔木、灌木和草本的原始数据进行处理后,分别计算重要值,具体如下:

$$\text{乔木重要值} = (\text{相对优势度} + \text{相对盖度} + \text{相对频度}) / 300 \quad (1)$$

$$\text{灌木重要值} = (\text{相对盖度} + \text{相对高度}) / 200 \quad (2)$$

$$\text{草本重要值} = (\text{相对盖度} + \text{相对高度}) / 200 \quad (3)$$

2.2 数据分析

对恒山南北坡植物群落进行数量分析,分类采用 VESPAN 软件包中 Hill (1979) 设计的 TWINSpan,排序采用 Braak(1988)设计的 CANOCO 软件包标准程序中的 DCA^[26]。

3 结果与分析

3.1 南坡结果

3.1.1 南坡 TWINSpan 分类 TWINSpan 分类将 65 个样方划分为 16 个群丛,结果如下:(1)华北落叶松—小红菊群丛 (Ass. *Larix principis-ruprechtii*-*Dendranthema chaneltii*), (2)华北落叶松-沙棘-地榆群丛 (Ass. *Larix principis-ruprechtii*-*Hippophae rhamnoides* subsp. *sinensis*-*Sanguisorba officinalis*), (3)华北落叶松-节节草群丛 (Ass. *Larix principis-ruprechtii*-*Equisetum ramosissimum*), (4)鹅观草 + 地榆群落 (Ass. *Roegneria kamoji* + *Sanguisorba alpina*), (5)华北落叶松-鹅绒委陵菜群丛 (Ass. *Larix principis-ruprechtii*-*Potentilla anserine*), (6)华北落叶松-假苇拂子茅群丛 (Ass. *Larix principis-ruprechtii*-*Calamagrostis pseudophragmites*), (7)山蒿 + 小红菊群丛 (Ass. *Artemisia brachyloba* + *Dendranthema chaneltii*), (8)赖草 + 山蒿群丛 (Ass. *Leymus secalinus* + *Artemisia brachyloba*), (9)虎榛子-披针叶苔草群丛 (Ass. *Ostryopsis davidiana*-*Carex lanceolata*), (10)三裂叶绣线菊-山蒿 + 赖草群丛 (Ass. *Spiraea trilobata*-*Artemisia brachyloba* + *Leymus secalinus*), (11)三裂叶绣线菊-山蒿 + 小红菊群丛 (Ass. *Spiraea trilobata*-*Artemisia brachyloba*-*Dendranthema chaneltii* + *Dendranthema chaneltii*), (12)山蒿 + 兰花棘豆群丛 (Ass. *Artemisia brachyloba* + *Oxytropis caerulea*), (13)披针叶苔草群丛 (Ass. *Carex lanceolata*), (14)山蒿 + 野艾蒿群丛 (Ass. *Artemisia brachyloba* + *Artemisia lavandulaefolia*), (15)山蒿群丛 (Ass. *Artemisia brachyloba*), (16)菱蒿 + 山蒿群丛 (Ass. *Artemisia giraldii* + *Artemisia brachyloba*)。

3.1.2 南坡 DCA 排序 采用 DCA 对恒山南坡 65 个样方进行了分析,4 个排序轴的特征值分别为 0.805, 0.473, 0.419, 0.288, 根据前两个排序轴做出二维排序图 (图 1)。从排序图结合每个样方的实际位置可以看出,排序第一轴表现为海拔梯度,即温度的变化趋势,第二轴表现为湿度梯度。

第一轴主要反映了海拔梯度的变化也即温度的变化情况。从水平方向看,排序图非常明显的把 65 个样方按海拔高低分列开来,从左到右,也即海拔从低到高,温度从高到低,群丛从海拔最低的山蒿群丛、三裂叶绣线菊—山蒿 + 赖草群丛、虎榛子—披针叶苔草群丛经中海拔的披针叶苔草群丛、赖草 + 山蒿群丛、山蒿 + 小红菊群丛最后到海拔最高的华北落叶松群丛。

第二轴主要反映了环境湿度的变化趋势。从排序轴的下部向上,湿度逐渐降低。由图 5.3 可以看出,耐干旱的山蒿群落、山蒿 + 野艾蒿群落、山蒿 + 菱蒿群落位于排序轴的上方,而华北落叶松群落则位于排序轴的下方。

3.2 北坡结果

3.2.1 北坡 TWINSpan 分类 TWINSpan 分类将北坡 73 个样方划分为 20 组,代表 20 个群丛:

- (1)长芒草群丛 (Ass. *Stipa bungeana*), (2)碱茅 + 千里光群丛 (Ass. *Puccinellia distans* + *Senecioneae* sp.), (3)硬质早熟禾 + 披针叶苔草群丛 (Ass. *Poa sphondylodes* + *Carex lanceolata*), (4)千里光 + 麦瓶草群丛 (Ass. *Senecioneae* sp. + *Silene jensisensis*), (5)地榆 + 野艾蒿群丛 (Ass. *Sanguisorba alpina* + *Artemisia lavandulaefolia*), (6)麦瓶草 + 野艾蒿群丛 (Ass. *Silene jensisensis*-*Artemisia lavandulaefolia*), (7)山菊 + 野艾蒿群丛 (Ass.

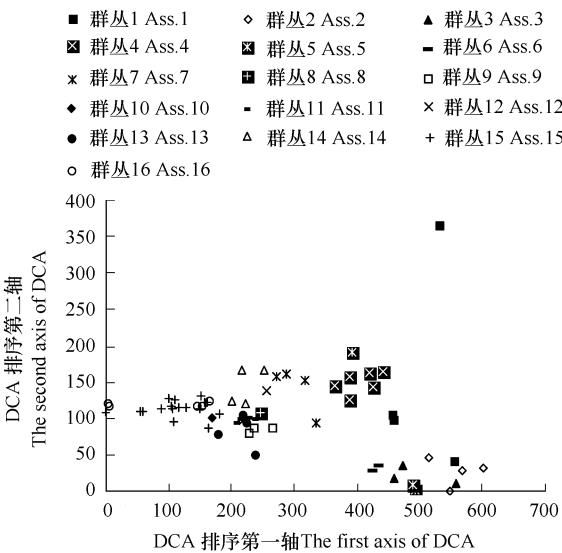


图 1 恒山南坡 65 个样方的 DCA 二维排序图

Fig. 1 Two-dimensional DCA ordination diagram of 65 quadrats of the south slope of Heng Mts

Denfranthema zawwadschii + *Artemisia lavandulaefolia*), (8) 山菊 + 硬质早熟禾群丛 (Ass. *Denfranthema zawwadschii* + *Poa sphondylodes*), (9) 青杨群丛 (Ass. *Populus cathayana*), (10) 披针叶苔草 + 铃铃香群丛 (Ass. *Carex lanceolata* + *Anaphalis hancockii*), (11) 华北落叶松-硬质早熟禾群丛 (Ass. *Larix principis-ruprechtii*-*Poa sphondylodes*), (12) 华北落叶松-披针叶苔草群丛 (Ass. *Larix principis-ruprechtii*-*Carex lanceolata*), (13) 华北落叶松-珠芽蓼群丛 (Ass. *Larix principis-ruprechtii*-*Polygonum viviparum*), (14) 华北落叶松-节节草群丛 (Ass. *Larix principis-ruprechtii*-*Equisetum ramosissimum*), (15) 华北落叶松-沙棘-鹅观草群丛 (Ass. *Larix principis-ruprechtii*-*Hippophae rhamnoides* subsp. *sinensis*-*Roegneria kamoji*), (16) 披针叶苔草 + 硬质早熟禾 + 地榆群丛 (Ass. *Carex lanceolata* + *Poa sphondylodes* + *Sanguisorba alpina*), (17) 地榆 + 蓬子菜群丛 (Ass. *Sanguisorba alpina* + *Galium verum*), (18) 山蒿 + 茺蒿群丛 (Ass. *Artemisia brachyloba* + *Artemisia lavandulaefolia*), (19) 三裂叶绣线菊-硬质早熟禾群丛 (Ass. *Spiraea trilobata*-*Poa sphondylodes*), (20) 沙棘-山野豌豆群丛 (Ass. *Hippophae rhamnoides* subsp. *sinensis*-*Viicia amoena*)。

3.2.2 北坡 DCA 排序 采用 DCA 对恒山北坡 73 个样方进行了分析, 4 个排序轴的特征值分别为 0.720, 0.622, 0.437, 0.337, 根据前两个排序轴做出二维排序图, 从排序图结合每个样方的实际可以看出, 排序第一轴表现为海拔梯度(温度), 第二轴表现为湿度梯度。

第一轴主要反映了海拔梯度, 即温度的变化情况。从水平方向看, 排序图非常明显的把 73 个样方按海拔高低分列开来, 从左到右, 也即海拔从低到高, 依次分布着海拔最低的长芒草群丛、碱茅 + 千里光群丛、三裂叶绣线菊-硬质早熟禾群丛、山菊 + 硬质早熟禾群丛, 经海拔居中的披针叶苔草 + 硬质早熟禾群丛、山菊 + 野艾蒿群丛、地榆 + 野艾蒿群丛等, 到海拔较高的青杨群丛, 最后是海拔最高的华北落叶松群丛。

第二轴主要反映了环境湿度的变化趋势。从排序轴的下部向上, 湿度逐渐降低, 由图 2 可以看出, 耐干旱的碱茅 + 千里光群丛、长芒草群丛、三裂叶绣线菊-硬质早熟禾群丛等位于排序轴的上方, 而华北落叶松群丛则位于排序轴的中下方, 青杨群丛位于最下。

4 讨论

4.1 南北坡植被生态关系比较

4.1.1 南北坡植被类型比较 恒山南坡 16 个群丛和北坡 20 个群丛分别属于 13 个群系。表 2 是从群系水平上, 对南北坡植被进行的比较。从表中可以直观的看出, 有 4 个群系是南北坡共有群系, 除了华北落叶松林外, 其余共有群系中的群丛数也存在着较大的差别。

华北落叶松群系在南北坡中都出现在海拔 1700m 以上, 位于恒山主脊两侧, 气候、水分条件较为相同, 属于山地寒温性植被类型, 在山西各山地广泛分布。

华北落叶松群系在南北坡中都出现在海拔 1700m 以上, 位于恒山主脊两侧, 气候、水分条件较为相同, 属于山地寒温性植被类型, 在山西各山地广泛分布。

恒山南坡中低海拔处, 受人为破坏严重, 目前已无完整的落叶阔叶林存在, 植被类型为次生的灌丛和灌草丛, 灌丛以虎榛子群系和三裂叶绣线菊群系等为主, 草丛以蒿类群系为主^[1]。三裂叶绣线菊群系多生于石质山坡, 是山地中生灌丛的主要群落类型, 虎榛子群系常形成虎榛子灌丛, 为中生喜光灌丛。以山蒿为优势种组成的群系也多生于石质山坡, 岩石露头或碎石质的山坡, 是山地石生、旱生植被的常见群落类型。恒山南坡中低海拔处, 气候干燥, 且多为石质山坡, 而在南坡由于气候较为湿润, 土壤水分条件较好, 因此, 这 3 个群系在恒山南坡为常见的群落类型, 在南坡的分布比北坡广泛或仅在南坡分布。

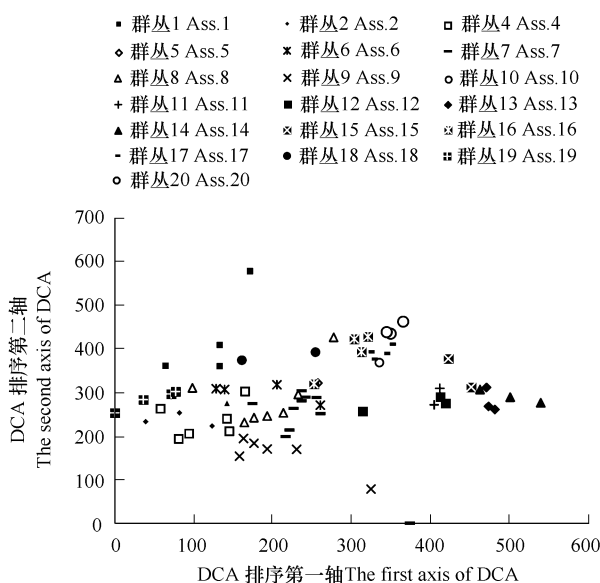


图 2 恒山北坡 73 个样方的 DCA 二维排序图

Fig. 2 Two-dimensional DCA ordination diagram of 65 quadrats of the north slope of Heng Mts

表2 恒山南北坡植物群系内群丛数量的比较

Table 2 Association number within vegetation formations between the south and north slopes in Heng Mts.					
群系名称 Formation	南坡 S. slope	北坡 N. slope	群系名称 Formation	南坡 S. slope	北坡 N. slope
华北落叶松群系 Form. <i>Larix principis-ruprechtii</i>	5	5	千里光群系 Form. <i>Senecioneae</i> sp.	0	2
山蒿群系 Form. <i>Artemisia brachyloba</i>	6	1	硬质早熟禾群系 Form. <i>Poa sphondylodes</i>	0	2
三裂叶绣线菊群系 Form. <i>Spiraea trilobata</i>	2	1	野艾蒿群系 Form. <i>Artemisia lavandulaefolia</i>	0	3
虎榛子群系 Form. <i>Ostryopsis davidiana</i>	1	0	青杨群系 Form. <i>Populus cathayana</i>	0	1
鹅观草群系 Form. <i>Roegneria kamoji</i>	1	0	地榆群系 Form. <i>Sanguisorba alpina</i>	0	1
披针叶苔草群系 Form. <i>Carex lanceolata</i>	1	2	沙棘群系 Form. <i>Hippophae rhamnoides</i> subsp. <i>sinensis</i>	0	1
长芒草群系 Form. <i>Stipa bungeana</i>	0	1			

披针叶苔草群系多生于林下、林缘草地、山地草甸草原,对水分有一定的要求,而北坡局部区域水分条件较好,因此,披针叶苔草群系在北坡的分布要比南坡为多。长芒草群系是温带草原群系的代表性群系^[1],建群种长芒草为多年生旱生、密丛型草本植物,长芒草群丛在恒山北坡低海拔处及山麓地带较为常见,这与恒山北坡的自然植被区划非常一致,所以在北坡是常见种,而在南坡不多见。

青杨群系大多生于梁崩阴坡水分条件较好的地带^[1],在恒山青杨出现在北坡海拔 1600m 左右的沟谷中,这是由特殊的生境所决定。

千里光群系、野艾蒿群系均为中生植物为建群种的形成的植被类型,由于水分条件的限制,只在北坡出现。

综上所述,恒山南北坡植被在群系水平上,表现出很大的差异性。尤其是北坡植被中的长芒草群系,与恒山北部温带草原的地带性植被类型相一致。南坡的蒿类、三裂叶绣线菊、虎榛子的大量出现,不仅与植被区划相一致,也在一定程度上反映了南北坡自然环境的重要差异。

4.1.2 南北坡排序结果比较 恒山南北坡植物在排序图上表现出的变化趋势比较一致,二者排序图的第一轴均为海拔梯度即温度的变化,南坡植被随海拔的升高,从耐旱的山蒿群丛及灌丛向寒温性的针叶林过渡,北坡由旱生的长芒草群丛也向寒温性的针叶林过渡。第二轴为湿度的变化,南坡从下到上,由华北落叶松群丛经中生植物组成的群丛,最后是山蒿群丛,北坡是由青杨群丛经华北落叶松群丛、中生植物为建群种的群丛到长芒草、碱茅为建群种的群丛。

从南北坡排序的结果,可以得出:恒山南坡植被在低海拔处分布的群落类型与暖温带落叶阔叶林的灌丛相一致,而北坡植被在低海拔处则与温带草原植被大致雷同,这反映了恒山南北坡的植被在其基带上基本与其所处植被区域的植被类型相同。南北坡从低海拔到高海拔,植被有趋同现象。

4.2 山地对南北坡水热因子的影响

恒山跑马梁南北坡植被的区域分异是显而易见的,特别是在南北坡的山麓地带和山体腹地植被在群系和群丛水平上的差异明显,这些差异意味着恒山南北坡生态环境存在明显的区域分异。山体形成的屏障,阻碍了南北的大气环流,进而影响了气候以及与气候密切相关的植被分布。

夏季暖湿气流北移,从6月中旬到9月下旬,恒山南坡受海洋性季风气候的影响,其强弱受到暖温带加热效应的直接影响。季风暖湿气流的向北推进首先受到山地的阻截,被迫抬升后将水汽释放于山体的迎风坡上(南坡),如山前繁峙县海拔 950m,平均年降水量 377.2mm,发育着暖温带的灌丛和草丛,而南坡海拔 1800~2300 m,平均年降雨量为 508mm,生长着长势茂密的山地寒温性针叶林——华北落叶松林。然而,恒山北坡除在主脊东北部的背风坡和局部沟谷小地形水份条件较好外,整体上看,降水很少,气候较为干燥,山前的应县平均降雨量 374.1mm,6~9 月份的降雨量为 276.7mm,发育着典型的温带干草原植被类型本氏针茅草原。由此可见,恒山山体对夏季暖湿气流的阻截又仅影响着南北坡自身的环境和植被,而且对周围地区的气候和环境也具有一定的影响,区域的干燥度差异。

冬季北部寒冷空气跨越阴山直入大同盆地,但受到恒山山体的阻滞,其强度减弱,由此造成该山体南北两

侧湿度的显著不同和较大的纬向温度梯度变化,如应县 1 月份平均气温为 -10.7°C ,而繁峙为 -8.5°C 。因此,南坡有利于暖温性植物种类越冬,北坡则适应于耐寒的种类生长。

4.3 定量分析在植被地带性划分中的作用和意义

在传统的植被区划研究中,多采用定性分析法和群落类型对比法确定植被地带的分界^[1,28],而采用植被数量方法的研究成果尚不多见,这就使在植被地带交错区进行定量化的研究显得更加重要。然而,在研究中选取哪些方法和哪些数量指标,才能够客观具体地刻画植被分异性的特征是当前亟待探索的新课题,本文采用了植被数量分类、排序的方法和相关指标对恒山南北坡植被进行了研究。结果显示,尽管恒山地区内的植被受到人类活动的深刻影响,现存植被类型的次生性极强,典型地带性植被已不复存在,但是,恒山植被的地带性和非地带性是彼此结合的矛盾统一体,地带性植被是恒山植被的主体或典型代表,但是在局部地段非地带性植被占优势,它们并不能否定地带性,只是在一定程度上掩盖了地带性^[1]。结合前人已有的研究成果^[1,23],综合分析恒山南北坡植被的分异规律,表明恒山南北坡基带植被分别与温带草原与暖温带落叶阔叶林地带性植被比较吻合,较好的体现了以恒山为界划分的山西省南北部区域植被水平地带性的分布规律。因此,恒山作为山西省温带草原与暖温带落叶阔叶林地带的分界是适宜的也是正确的。采用定量分析的方法从整体上支持了恒山作为温带草原和暖温带落叶阔叶林的分界这一论断。

References:

- [1] Wu Z Y. China Vegetation. Beijing: Science Press, 1995. 749~1071.
- [2] Köppen W. Geographical system of climate. Berlin: Gerbruder Borntraeger, 1936. 1~50.
- [3] Woodward F I, Williams B G. Climate and plant distribution at global and local scales. Vegetatio, 1987, 69: 189~197.
- [4] Woodward F I. Climate and Plant Distribution. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- [5] Box E O. Factors determining distributions of tree species and plant functional types. Vegetatio, 1995, 121: 101~116.
- [6] Hill M O. Patterns of species distribution in Britain elucidated by canonical correspondence analysis. Journal of Biogeography, 1991, 18: 247~255.
- [7] Sykes M T. The biogeography consequences of forecast changes in the global environment: individual species' potential range changes. NATO ASI Series, 1996, 147: 427~440.
- [8] Gignac L D, Halsey L A, Vitt D H. A bioclimatic model from the distribution of sphagnum-dominated peatlands in North America under present climatic conditions. Journal of Biogeography, 2000, 27: 1139~1151.
- [9] Hoffmann M H. Biogeography and climatic differentiation of two annual species of *Teesdalia* R. Br. (Brassicaceae). Journal of Biogeography, 2000, 27: 989~999.
- [10] McKenzie D, Peterson D W, Peterson D L, Thornton P E. Climatic and biophysical controls on conifer species distributions in mountain forests of Washington State, USA. Journal of Biogeography, 2003, 30: 1093~1108.
- [11] Xu W D. The relation between distribution of edificatory and companion in zonal vegetation and water-temperature condition in Northeast China. Acta Botanica Sinica, 1983, 25: 264~274.
- [12] Hong B G, Li S Z. The preliminary study of the correlations between the distribution of main evergreen broad-leaved tree species in Jiangsu and Climates. Acta Ecologica Sinica, 1981, 1: 105~111.
- [13] Hong B G, An S Q. A preliminary study on the geographical distribution of *Fagus* in China. Acta Botanica Sinica, 1993, 35: 229~233.
- [14] Fang J Y, Yoda K. Climate and vegetation in China IV. distribution of tree species along the thermal gradient. Ecological Research, 1990, 5: 291~302.
- [15] Ni J, Song Y C. Relationship between Kira's indexes and distribution of dominants and companions of subtropical evergreen broad-leaved forest in China. Acta Ecologica Sinica, 1998, 18: 248~262.
- [16] Cao K F, Peter R, Oldeman R A A. Climate range and distribution of Chinese *Fagus* species. Journal of Vegetation Science, 1995, 6: 317~324.
- [17] Liu G H, Fang J Y. Analyses of geographical distribution and spatial characteristics of *Castanea millissima* in China. Acta Ecologica Sinica, 2001, 21, 164~170.
- [18] Zhu K Z. China Physical Geography Pandect. Beijing: Science Press, 1985. 39, 126~132, 221~256.
- [19] Shangguan T L, Teng C D. Studies on Vegetation of northeast of Shanxi Province. Journal of Shanxi University (Natural Science Edition), 1987, 3: 58~66.
- [20] Zhang F, Shangguan T L, Liu Y S H. The vegetation in Shouxian County and its protecting utilizing and reforming strategies, Journal of Shanxi University (Natural Science Edition) 1990, 13(4): 450~456.

- [21] Shangguan T L, Zheng F, *et al.* Flora of spermatophytes and its significance in ecological economics in Shou County, Shanxi Province. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1991, 9(4): 355~362.
- [22] Shangguan T L. Studies on flora diversity of the seed plants in Heng Mountain Nature Reserve, Shanxi. *Acta Botanica Boreall-Occidentalia Sinica*, 2001, 21(5): 958~965.
- [23] Ma Z Q, Shangguan G T, *et al.* Vegetation in Shanxi. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 2001. 134~156.
- [24] Shangguan T L. Analysis of the horizontal zonality of the vegetation in Shanxi Province, China. *Journal of Shanxi University (Natural Science Edition)*, 1989, 12(1): 104~110.
- [25] Zhang J T, Shangguan T L. On division of the forest steppe border and forest-steppe belt of west north of Shanxi. *Journal of Shanxi University (Natural Science Edition)*, 1988, (2): 68~73.
- [26] Zhang J T. The methods in plant quantitative ecology. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1995. 97~255.
- [27] Song Y C H. V egetation ecology. Shanghai: East China Normal University Press, 2001. 458~515.

参考文献:

- [1] 吴征镒主编. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1995. 749~1071.
- [11] 徐文铎. 东北地带性植被建群种及常见种的分布与水热条件关系的初步研究. *植物学报*, 1983, 25(3): 264~274.
- [12] 洪必恭, 李绍殊. 江苏主要常绿阔叶树种分布与热量关系的初步研究. *生态学报*, 1981, 1(1): 105~111.
- [13] 洪必恭, 安树青. 中国水青冈属植物地理分布初探. *植物学报*, 1993, 35(3): 229~233.
- [15] 倪健, 宋永昌. 中国亚热带常绿阔叶林优势种及常见种的分布与 K_{ra} 指标的关系. *生态学报*, 1998, 18(3): 248~262.
- [17] 刘国华, 方精云. 我国栗属物种 (*Castanea millissima*) 地理分布及其空间特征分析. *生态学报*, 2001, 21(1): 164~170.
- [18] 竺可桢主编. 中国自然地理总论. 北京: 科学出版社, 1985. 39~256.
- [19] 上官铁梁, 滕崇德. 山西省东北部植被研究. *山西大学学报(自然科学版)*, 1987, (3): 58~66.
- [20] 张峰, 上官铁梁, 刘玉山. 朔县植被及其保护利用改造对策. *山西大学学报(自然科学版)*, 1990, 13(4): 450~456.
- [21] 上官铁梁, 张峰等. 山西朔县种子植物区系及其生态经济意义. *武汉植物学研究*, 1991, 9(4): 355~362.
- [22] 上官铁梁. 恒山种子植物区系地理成分分析. *西北植物学报*, 2001, 21(5): 958~965.
- [23] 马子清, 上官铁梁. 山西植被. 北京: 中国科学技术出版社, 2001. 134~156.
- [24] 上官铁梁等. 山西植被的水平地带性分析. *山西大学学报(自然科学版)*, 1989, 12(1): 104~110.
- [25] 张金屯, 上官铁梁. 关于晋西北部森林草原的界限及森林草原带的划分. *山西大学学报(自然科学版)*, 1988, (2): 68~73.
- [26] 张金屯. 植被数量生态学方法. 北京: 科学出版社, 1995. 97~255.
- [27] 宋永昌主编. 植被生态学. 上海: 华东师范大学出版社, 2001. 458~515.