

云雾山天然草地物种分布与环境因子的关系

胡相明¹, 赵艳云¹, 程积民², 万惠娥², 刘京涛¹

(1. 滨州学院城市与环境系 山东省黄河三角洲生态环境重点实验室 山东滨州 256600;

2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西杨陵 712100)

摘要:应用数量生态学中的梯度分析方法研究了云雾山天然草地群落类型、物种分布以及与环境因子的关系。研究表明, 作为重要的人为管理措施, 封育通过改善草地的水分、养分等环境条件, 显著影响了云雾山草地的物种分布和群落类型。在封育草地, 植被类型为本氏针茅群落, 未封育草地为铁杆蒿群落。本氏针茅、百里香、大针茅、直茎点地梅、阿尔泰狗娃花等中旱生植物在封育草地中占优势, 铁杆蒿、硬质早熟禾、星毛委陵菜等在退化草地中占优势。除封育措施以外, 20 ~ 100cm 的土壤含水量对物种分布影响显著。同时, 养分作为一个重要的环境因素对物种的分布也具有重要影响, 特别是速效钾和 NO_3^- -N。海拔、坡位、坡向等地形因素对植物分布的影响不明显。

关键词:封育草地; 群落类型; 物种格局; 环境因子

文章编号: 1000-0933(2008)07-3102-06 中图分类号: Q143 文献标识码: A

The relationship between species distribution pattern and environment factors in grassland of the Yunwu Mountain

HU Xiang-Ming¹, ZHAO Yan-Yun¹, CHENG Ji-Min², WAN Hui-E², LIU Jing-Tao¹

1 Department of Urban and Environment, Key Laboratory for Eco-environment Sciences Yellow River Delta of Shandong Province, Binzhou University, Binzhou, Shandong 256600, China

2 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(7): 3102 ~ 3107.

Abstract: Based on data obtained from 57 plots of grassland community and 47 plant species in Yun Wu Mountain grassland, the ordination method CCA is used to analyze the relationship between plant community types, species distribution pattern and environment factors. Enclosing is a dominant factor for affecting species distribution and community type. The enclosed grassland is *Stipa bungeana* community, dominated by *Stipa bungeana*, *Thymus mongolicus*, *Stipa grandis*, *Androsace erecta*, and *Heteropappus altaicus*. In contrast, the unenclosed one is *Artemisia sacrorum* community, dominated by *Artemisia sacrorum*, *Poa sphondylodes*, and *Potentilla acaulis*. In addition, the soil water of 20 — 100cm depth has an important influence on species distribution. Nutrition, especially the soluble-K and NO_3^- -N, affects the species distribution too. Topographic attributes, such as elevation, slope position, aspect, slope, have no significant

基金项目:国家重点基础研究发展计划 973 资助项目(2007CB106803); 国家科技支撑课题资助项目(2006BAD09B08); 国家自然科学基金重点资助项目(30230290); 国家林业局荒漠化检测专项资助项目; 滨州学院青年人才创新工程资助项目

收稿日期:2007-08-17; **修订日期:**2008-04-09

作者简介:胡相明(1981 ~), 男, 山东泰安人, 硕士生, 主要从事植物生态研究. E-mail: xiangming0727@163.com

Foundation item: The project was financially supported by National Basic Research Program of China (No. 2007CB106803); Supported by National Great Project of Scientific and Technical Supporting Programs Funded by Ministry of Science & Technology of China During the 11th Five-year Plan (No. 2006BAD09B08); Supported by Major Program of National Natural Science Foundation of China (No. 30230290); Special Fund in Desertation Supervision of National Forest State, China; Supported by Innovation Project for young person with ability in Binzhou University

Received date: 2007-08-17; **Accepted date:** 2008-04-09

Biography: HU Xiang-Ming, Master candidate, mainly engaged in plant restoration and grassland ecology. E-mail: xiangming0727 @ 163. com

impacts on plant distribution.

Key Words: enclosed grassland; vegetation community types; species distributing pattern; environment factors

由于长期以来过度放牧和人类生产活动的影响,黄土丘陵区绝大多数天然草地已被破坏,宁夏固原云雾山自然保护区是黄土区仅存的天然草原。经过 20 多年的封育,这里的草地生长茂盛,郁郁葱葱,已成为黄土丘陵区独特景观。这可能是因为天然草地具有与环境条件相适应的物种组成、群落类型、分布格局等,并按固有的规律演替与发展,因此研究天然草地的群落结构、物种分布与环境因子的关系,将对该区域环境治理和植被建设起着重要的指导作用。目前物种格局的梯度分析是研究植被与环境关系广泛应用的方法,它将样方和物种信息在排序空间中进行定量地表达^[1~3],同时还可以把影响植被动态的各种因子进行定量地分离,从而更全面深入地解释植被与环境的关系^[4~7]。黄土高原地形复杂,水分条件千差万别,对植物的分布具有重要的影响,目前有一些学者对黄土高原植物分布与环境的关系进行了探讨,然而这些工作主要集中在退耕地^[8,9],而对自然封育条件下植物群落分布格局与环境的量化分析报道较少。自然封育措施是植被恢复的主要措施之一,对物种分布格局以及群落结构变化具有重要的影响,因此了解封育条件下物种的分布格局对于该区的植被建设具有重要的意义。本文以云雾山自然保护区草本植物为研究对象,利用梯度分析方法,试图就物种分布、群落类型及其在环境梯度上的变化趋势进行探讨,并对影响植被格局的环境、空间因子进行定量地分离,希望能为该地区植被的重建和管理工作提供一定的理论依据。

1 研究地点与方法

1.1 研究区域自然概况

试验地设于宁夏云雾山自然保护区,该区位于宁夏固原市东北部,东经 106°24' ~ 106°28', 北纬 36°13' ~ 36°19', 海拔高度 1 800 ~ 2 100 m, 坡度 15 ~ 40°。南北长 11 km, 东西长 4.5 km, 总面积 6 000 hm²。该区位于黄土高原的中间地带,山体浑圆,山坡平缓,黄土层深厚,土壤类型为山地灰褐土和黑垆土。保护区属于中温带半干旱气候区,年平均气温 5℃,最热 7 月,气温在 22 ~ 25℃ 之间,最冷月 1 月份,平均最低气温 -14℃, ≥ 0℃ 积温 2 370 ~ 2 882℃,年日照时数为 2 500 h,年平均无霜期 137 d,年平均降雨量 411.5 mm,降雨季节分配不均,60% 的降雨集中于 7 ~ 9 三个月份。该区自 1982 年开始封山禁牧,主要草本植物有本氏针茅(*Stipa bungeana*)、厚穗冰草(*Aneurolepidium dasystachys*)、百里香(*Thymus mongolicus*)、铁杆蒿(*Ajania sacrorum*)、星毛萎陵菜(*Potentilla acaulis*)、大针茅(*Stipa grandis*)、直茎点地梅(*Androsace erecta*)等。

1.2 试验方法

样方设置:在核心保护区的不同坡向(阴坡、阳坡)典型地段从坡底到山顶分别设置 7 条样带;在退化草地从坡低到山顶设置一条样带,共 8 条样带。在每条样带上每间隔 30m 设一个 1m × 1m 小样方,每条样带设置样方 6 ~ 11 个,共 57 个。于 2005 年 8 月调查样方中草本植物种类、盖度、平均高度、密度、地上生物量(鲜重),并计测周围的环境因子,即海拔、坡位、坡度、坡向等。

1.3 土壤水分的测定

2005 年 8 月用直径为 5 cm 的土钻在样方中钻取土样,每 20 cm 为一层,深至 3 m,重复 2 次,称湿重后在 105℃ 下烘至恒重,称其干重,土壤水分含量 = [(湿土重 - 干土重) / 干土重] × 100%。

1.4 土壤化学性质的测定

2005 年 8 月用剖面法在每个草地样方内采集 0 ~ 20cm 的土壤样品,带回实验室进行室内养分分析。土壤有机质测定采用重铬酸钾-硫酸法,全氮采用凯氏法,硝态氮采用氯化钾(水/土 = 5/50)浸提-紫外比色法,铵态氮运用氯化钾(水/土 = 5/50)浸提后流动注射仪测定,碱解氮采用扩散法,速效磷的测定采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法。

2 数据处理

每个样方中草本植物的重要值按以下公式计算:

重要值 = (相对高度 + 相对密度 + 相对盖度)/3

本文用于分析的样方数目共 57 个,环境指标包括土壤水分指标、养分指标、地形因子与封育措施共 14 个,其中土壤水分指标有:0 ~ 20cm 土壤含水量(SW₁)、20 ~ 100cm 土壤含水量(SW₂)、100 ~ 200cm 土壤含水量(SW₃)、200 ~ 300cm 土壤含水量(SW₄);地形因子有:坡度(SLO)、海拔(ELE)、坡向(ASP)、坡位(POS);养分指标:有机质(ORG),可溶性磷(SOP),可溶性钾(SOK),氨态氮(NH₄),硝态氮(NO₃);封育措施(ENC)。其中坡向、坡位等非数值指标按经验公式建立隶属函数换算成编码,坡向:阳坡 0.3,半阳 0.5,半阴 0.8,阴坡 1;坡位:上坡 0.4,中坡 1.0,下坡 0.8;封育 1.0,未封育 0。为了统一指标量纲,用最大值法对环境数据进行标准化,用开平方法对植物种类的生态重要值进行数据转换,利用 CANOCO 软件对样方-环境因子、物种-环境因子进行 CCA 排序,根据植物群落、物种格局与环境因子的关系,定量的分析影响云雾山自然保护区物种格局的环境因子。

3 结果与分析

57 个样方共出现 47 种草本植物,具体植物种类见表 5,图 1 反映了 57 个样方草地群落与环境因子的关系,图 2 反映了 47 种草本植物与环境因子的关系。典范对应分析表明(表 1),排序图中前两个排序轴的特征

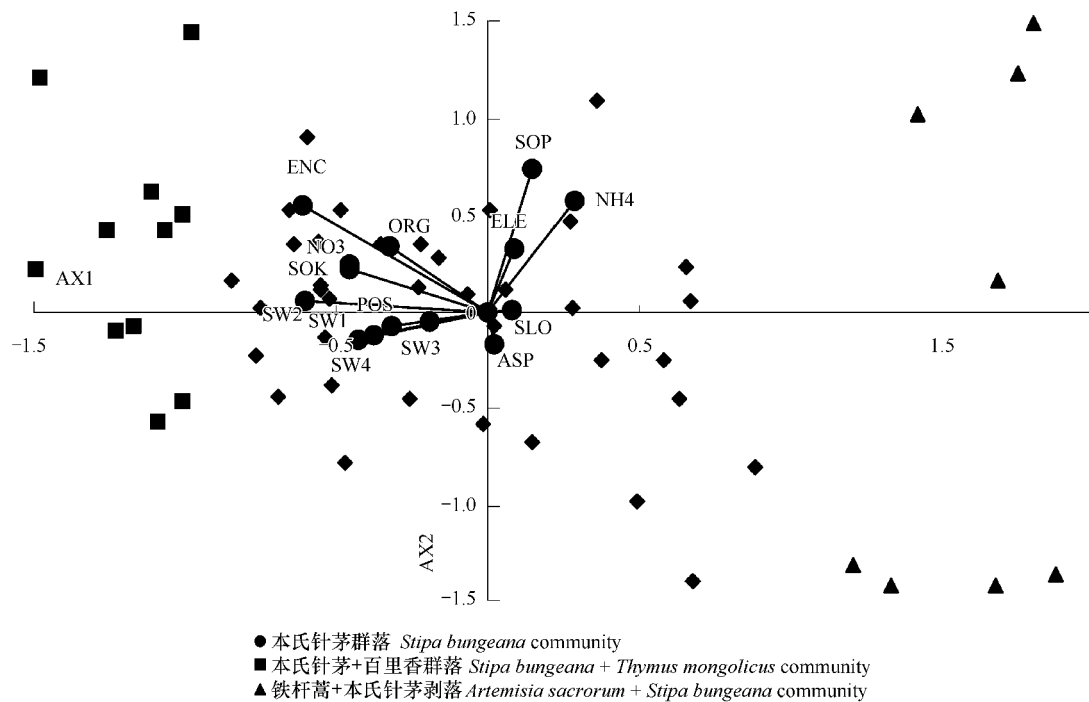


图 1 57 个草地群落样方的 CCA 二维排序图

Fig. 1 CCA two-dimensional scatter ordination diagram of the 57 plots

ELE:海拔 Elevation, POS:坡位 Position, ASP:坡向 Aspect, SLO:坡度 Slope, ENC:封育 Enclosing, SW1:0 ~ 20cm 土壤水分 Soil moisture of 0 ~ 20cm, SW2:20 ~ 100cm 土壤水 Soil moisture of 20 ~ 100cm, SW3:100 ~ 200cm 土壤水 Soil moisture of 100 ~ 200cm, SW4:200 ~ 300cm 土壤水 Soil moisture of 200 ~ 300cm, ORG:有机质 Organic matter, SOP:可溶性磷 Soluble phosphor, SOK:可溶性钾 Soluble kalium, NH₄:氨态氮 NH₄-N, NO₃:硝态氮 NO₃-N

表 1 CCA 排序轴特征值及排序轴与环境排序轴之间的相关系数

Table 1 Eigenvalues of Axis, correlation coefficients between axis and environment variables

排序轴 Axis	AX1	AX2	AX3	AX4
排序轴特征值 Eigenvalue of axis	0.15	0.09	0.08	0.07
物种与环境因子之间的相关系数 Correlation coefficients between species and environment variables	0.88	0.89	0.83	0.83
特征值积累比例 Cumulative (%)	0.38	0.61	0.87	0.95

质早熟禾、冷蒿、翻白草、直茎点地梅、猪毛蒿和狼毒；一类分布在封育草地，位于排序轴的最左边，代表植物为风毛菊、紫花地丁、大花飞燕草、毛茛、野胡麻、锥叶柴胡、大蓟和大叶秦艽；第三类植物为在封育草地和退化草地都出现的，属于过渡型植物，位于排序轴的中间，代表植物为本氏针茅、大针茅、百里香、铁杆蒿、茵陈蒿、星毛委陵菜、二裂委陵菜、多裂委陵菜、天蓝苜蓿、刺儿菜、黄花棘豆、火绒草和阿尔泰狗娃花等。这与图 1 表现的群落组成、结构变化相吻合。

表 3 封育措施对土壤水分、养分的影响

Table 3 Effect of enclosing to soil water and nutritions

	SW1	SW2	SW3	SW4	ORG	SO K	SO P	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N
封育 Enclosing	9.72 ± 0.45	11.87 ± 0.38 **	11.80 ± 0.40	9.65 ± 0.38	4.73 ± 0.07 **	218.65 ± 6.62	2.79 ± 0.10 *	0.55 ± 0.06 **	1.14 ± 0.03
未封育 Unenclosing	8.74 ± 0.40	9.17 ± 0.74 **	11.02 ± 0.80	9.01 ± 0.57	3.79 ± 0.17 **	194.69 ± 22.70	2.37 ± 0.21 *	0.22 ± 0.09 **	1.08 ± 0.10

同表 2 Same to table 2

表 4 云雾山主要植物名录

Table 4 List of the main species on Yun Wu Mountain

编号 No.	植物名称 Species	编号 No.	植物名称 Species
1	本氏针茅 <i>Stipa bungeana</i>	25	黄花棘豆 <i>Oxytropis ochrocephala</i>
2	大针茅 <i>Stipa grandis</i>	26	二色棘豆 <i>Oxytropis aciphylla</i>
3	厚穗冰草 <i>Aneurolepidium dasystachys</i>	27	蒲公英 <i>Tagetes nematolobum.</i>
4	芨芨草 <i>Achnatherum splendens</i>	28	直茎点地梅 <i>Androsace erecta</i>
5	香茅草 <i>Hierochloa odorata</i>	29	阿尔泰狗娃花 <i>Heteropappus altaicus.</i>
6	硬质早熟禾 <i>Poa sphondylodes</i>	30	火绒草 <i>Leontopodium leontopodioides</i>
7	铁杆蒿 <i>Artemisia sacrorum</i>	31	鳞叶龙胆 <i>Gentiana squarrosa</i>
8	芨蒿 <i>Artemisia grialdii</i>	32	紫花地丁 <i>Viola phillipica</i>
9	冷蒿 <i>Artemisia capil</i>	33	大花飞燕草 <i>Delphinium grandiflorum</i>
10	茵陈蒿 <i>Artemisia capillaries</i>	34	平车前 <i>Plantago asiatica</i>
11	猪毛蒿 <i>Artemisia scoparis</i>	35	翻白草 <i>Potentilla discolor</i>
12	百里香 <i>Thymus mongolicus</i>	36	大叶秦艽 <i>Gentiana macrophylla</i>
13	星毛委陵菜 <i>Potentilla acaulis</i>	37	野胡麻 <i>Dodartia orientalis</i>
14	二裂委陵菜 <i>Potentilla bifurca</i>	38	锥叶柴胡 <i>Bupleurum chinensis</i>
15	中华委陵菜 <i>Potentilla chinensis</i>	39	瓣蕊唐松草 <i>Thalictrum petaloideum</i>
16	多裂委陵菜 <i>Potentilla multifida</i>	40	轮叶马先蒿 <i>Pedicularis alaschanica</i>
17	天蓝苜蓿 <i>Medicago falcata</i>	41	野薄荷 <i>Medicago lupulina</i>
18	茜草 <i>Rubia cordifolia</i>	42	大蓟 <i>Cirsium arvense</i>
19	黄鼠草 <i>Mentha haplocalyx</i>	43	毛茛 <i>Ranunculus japonicus</i>
20	刺儿菜 <i>Cirsium setosum</i>	44	风毛菊 <i>Saussurea japonica</i>
21	苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i>	45	狭叶黄芩 <i>Scutellaria reueliana</i>
22	达乌里胡枝子 <i>Lepedeza davurica</i>	46	异叶败酱 <i>Patrinia heterophylla</i>
23	小叶锦鸡儿 <i>Caragana microphylla</i>	47	扁穗冰草 <i>Agropyron cristatum</i>
24	狼毒 <i>Euphorbia fischeriana</i>		

草本植物沿第二排序轴有一定的梯度变化，但没有沿第一排序轴明显，这可能是由于 NH₄⁺-N 对其影响不明显。

4 讨论

样方与环境因子的 CCA 排序以及物种与环境因子的 CCA 排序表明，封育草地与未封育草地的草本植物种类组成、群落结构特征具有明显的差异，封育草地为本氏针茅群落，覆盖度平均为 87.13%，未封育草地为铁杆蒿群落，覆盖度平均为 53.57%；同时物种的组成也存在明显的差异，在封育条件下本氏针茅、百里香、大针茅、直茎点地梅、阿尔泰狗娃花等中旱生植物占优势，在退化草地中铁杆蒿、硬质早熟禾、星毛委陵菜等占优势，这与我们的调查结果相一致。通过梯度分析得出封育措施是影响物种分布及群落结构梯度变化的最主要因素，其次是 20~100cm 的土壤含水量、有机质、速效钾和 NO₃⁻-N 等。海拔、坡位、坡向等地形因素对植物分布的影响不显著。焦菊英、白文娟等在研究黄土高原退耕地演替时也得出类似的结论，即在黄土丘陵区，土

壤水分和土壤肥力是影响植被恢复的主要因素^[9~10]。封育作为一种人为管理措施,其对草地群落结构的影响是间接的,是通过改变环境条件来实现的。封育草地在自然恢复过程中,随着植被覆盖度的增加,土壤蓄水、保水能力增强,土壤水分的调控能力得到改善,养分含量增加,进而促进了植物的生长和群落植被的恢复。可见,自然封育措施通过自然的力量,能够达到保水增肥的效果,省时省力,将成为我国植被恢复中重要的措施。

表 5 封育措施对群落结构、物种组成与重要值的影响

Table 5 The effects of enclosing to community construction, species and important values of species

群落类型 Community types	物种 Species richness	高度 High	覆盖度 Coverage	优势度 Simpson	多样性 Shannon- Wiener	均匀度 Pielou	优势物种 Dominating species	重要值 Important value
封育草地	10.29 ± 2.36	13.58 ± 5.65	53.57 ± 17.21 **	0.86 ± 0.014	3.00 ± 0.13	0.90 ± 0.024	<i>Stipa bungeana</i>	21.3
							<i>Artemisia sacrorum</i>	16.78
							<i>Thymus mongolicus</i>	14.87
							<i>Stipa grandis</i>	10.10
							<i>Aneurolepidium</i>	8.33
							<i>dasytachys</i>	7.51
							<i>Rubia cordifolia</i>	6.90
未封育草地	10.38 ± 1.30	26.42 ± 5.02	87.13 ± 12.46 **	0.86 ± 0.019	2.99 ± 0.061	0.89 ± 0.017	<i>Saussurea japonica</i>	
							<i>Stipa bungeana</i>	15.80
							<i>Artemisia sacrorum</i>	24.81
							<i>Poa sphondylodes</i>	10.37
							<i>Potentilla acaulis</i>	7.96
							<i>Leontopodium</i>	7.70
							<i>leontopodioides</i>	
							<i>Medicago falcata</i>	5.50

同表 2 Same to table 2

References:

- [1] Koptsik S V, Koptsik G N, Meryashkina L V. Ordination of Plant Communities in Forest Biogeocenoses under Conditions of Air Pollution in the Northern Kola Peninsula. *Russian Journal of Ecology*, 35 (3), 2004: 190 — 199.
- [2] James B G, Larry A, Charles A. Vegetation associations in a rare community type-coastal tall-grass prairie. *Plant Ecology*, 2000, 147: 105 — 115.
- [3] Magdy E B, Abdel H K, Piet V H, *et al.* Vegetation composition of a threatened hypersaline lake (Lake Bardawil), North Sinai. *Plant Ecology*, 2002, 163: 63 — 75.
- [4] Shaltout K H. Vegetation of the urban habitats in the Nile Delta region, Egypt. *Urban Ecosystems*, 2002, 6: 205 — 221.
- [5] Cooper A, McCann T, Ballard E. The effects of livestock grazing and recreation on Irish machair grassland vegetation. *Plant Ecology*, 2005, 181: 255 — 267.
- [6] Diekmann M, Eilertsen O, Remstad E. F, *et al.* Beech forest communities in the Nordic countries — a multivariate analysis. *Plant Ecology*, 1999, 140: 203 — 220.
- [7] Abd E G. Vegetation composition of Egyptian inland saltmarshes. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 2000, 41: 305 — 314.
- [8] Zhan G H, Lu T, Ma K M, *et al.* Analysis on the environmental and spatial factors for plant community distribution in the arid valley in the upper reach of Min jiang River. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(3): 552 — 559.
- [9] Hao Z Q, Guo S L. Canonical correspondence analysis on relationship of herbs with their environments on northern slope of Changbai Mountain. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23 (10): 2000 — 2008.
- [10] Jiao J Y, Ma X H, Bai W J, *et al.* Correspondence analysis of vegetation communities and soil environmental factors on abandoned cropland on hilly-gullied loess platrau. *Acta Pedologica Sinica*, 2005, 42 (5): 744 — 752.
- [11] Bai W J, Jiao J Y, Ma X H, *et al.* Classification and Ranking of the Forae Naturally Recuperating on the Farming-Withdrawn Land in the Hilly and Gully Regions of the Loess Plateau. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2005, 25 (7): 1317 — 1322.

参考文献:

- [8] 张文辉, 卢涛, 马克明, 等. 岷江上游干旱河谷植物群落分布的环境与空间因素分析. *生态学报*, 2004, 24 (3): 552 ~ 559.
- [9] 郝占庆, 郭水良. 长白山北坡草本植物分布与环境关系的典范对应分析. *生态学报*, 2003, 23 (10): 2000 ~ 2008.
- [10] 焦菊英, 马祥华, 白文娟, 等. 黄土丘陵沟壑区退耕地植物群落与土壤环境因子的对应分析. *土壤学报*, 2005, 42 (5): 744 ~ 752.
- [11] 白文娟, 焦菊英, 马祥华, 等. 黄土丘陵沟壑区退耕地自然恢复植物群落的分类与排序. *西北植物学报*, 2005, 25 (7): 1317 ~ 1322.