

基于能量属性的植物功能群划分方法探索 ——以内蒙古锡林河流域草原植物群落为例

鲍雅静, 李政海

(大连民族学院生命科学院, 大连 116600)

摘要:植物功能群(plant functional groups, PFGs)是具有确定的植物功能特征的一系列植物的组合,是生态学家为研究植被对气候变化和干扰的响应而引入的生态学概念。目前功能群研究中最核心的问题仍在于决定植物功能群划分的植物特征的选择上。以内蒙古锡林河流域草原植物群落为例,选取 3 个草原类型(羊草草原、大针茅草原和羊草草甸草原)及其退化梯度系列(未退化、轻度退化、中度退化、重度退化),在对植物热值进行分析测定的基础上,依据植物的能量属性-单位重量干物质在完全燃烧后所释放出来的热量值,采用人为分段的方法对草原植物进行了能量功能群的划分(高能值植物功能群、中能值植物功能群和低能值植物功能群)。并探讨了这种能量功能群划分方法在草原植被动态研究中的客观性与可行性。

关键词:热值;植物功能群;分类方法;草原

文章编号:1000-0933(2008)09-4540-07 中图分类号:Q145, Q948 文献标识码:A

Classification of plant functional groups based on the energy attributes: a case study on the steppe community in Xilin River basin, Inner Mongolia

BAO Ya-Jing, LI Zheng-Hai

College of Life Science, Dalian Nationalities University, Dalian 116600, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(9): 4540 ~ 4546.

Abstract: Plant functional groups(PFGs) is assemblage of plants which have certain functional characteristics, and is an ecological concept introduced by ecologist in order to study the response of vegetation to climate changes and disturbances. At present the key problem about PFGs still is the plant feature selection applying to classification of PFGs. Taking steppe community in Xilin river Basin of Inner Mongolia as the case study area, 12 sampling plots including 3 steppe community types (*Leymus chinensis* steppe, *Stipa grandis* steppe, *Leymus chinensis* meadow steppe) each with 4 degradation intensities (including undegraded, light degraded, moderate degraded, heavy degraded) were selected, based on the determination of the caloric values for plant species, a new functional classification method named by Energy Plant Functional Groups (ab. Energy PFGs) was set, which grouped the species into 3 groups including high-energy PFGs, moderate-energy PFGs and low-energy PFGs according to the mean caloric value of species by man-made subsection then the objectivity and feasibility of the the Energy PFGs classification methods were discussed.

Key Words: caloric values; plant functional groups; classification method; steppe

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30300245, 30771528);大连民族学院人才引进启动基金资助项目(20056102)

收稿日期:2007-11-15;修订日期:2008-03-26

作者简介:鲍雅静(1970~),女,内蒙古包头市人,博士,主要从事草地生态学与能量生态学研究. E-mail: byj@dlmu.edu.cn

Foundation item: The project was financially supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 30300245, 30771528), and Scientific research foundation of Dalian Nationalities University (No. 20056102)

Received date: 2007-11-15; **Accepted date:** 2008-03-26

Biography: BAO Ya-Jing, Ph. D., mainly engaged in grassland ecology and energy ecology. E-mail: byj@dlmu.edu.cn

近年来,在生态系统结构与功能的研究中,非系统发育的物种功能分类法(functional classification)被越来越多的生态学家所采用^[1~3],植物随环境条件的变化会从形态、生态及生理特性上表现出相应的功能对策。

对物种进行功能分类的方法可归纳为两类,一类是按利用的资源是否相同以及利用途径对物种进行功能分类,另一类是按物种对特定扰动的响应机制进行分类^[1]。目前国外进行的有关研究大多处在对功能群的分类和在全球变化生态建模的尝试中,例如,Tilman 等^[4]在进行草地群落植物多样性与生态系统功能试验中,将植物分为豆科、C₃、C₄、木本植物和杂类草(非禾本科草类)5个功能群。Hooper 和 Vitousek^[5]进行的草地生物多样性实验中,根据植物在养分循环方面的潜在联系,将其分为春性1年生植物(early season annual forbs)、冬性1年生植物(late season annual forbs)、多年生丛生禾草和固氮植物4个功能群。Hector 等^[6]在欧洲进行的植物多样性与草地生产力实验中,将植物分为禾草,豆科固氮植物和非禾本科草类3个功能群。

国内关于功能群的研究刚刚起步,主要集中在从 C₃、C₄ 光合途径的角度对植物进行功能分类并研究其生态适应特性^[7,8],或根据植物的生活型或水分生态类型进行功能群划分,如白永飞关于内蒙古草原生产力动态和生物多样性的研究^[9,10]和王正文关于松嫩草原对水淹干扰的响应的研究^[11]。蒋高明等从植物繁殖特性的角度将植物划分为克隆植物和非克隆植物两个功能群研究了中国东北样带植物的光合特性^[12]。

上述工作表明,植物功能群的研究仍然处于探索阶段,C₃、C₄ 功能群划分反映了植物光合作用特征的差异,而生活型和生态型的功能群划分则主要揭示了植物对于温度、水分等环境条件的适应特点,但正如定义中所说,植物功能群应该是以植物在系统中的功能、作用为主进行分类,但现有的功能群分类方法,由于同一功能群的植物在系统中的功能地位差异悬殊,显然不能准确反映某一群体在系统中的功能。因此最核心的问题仍在于决定植物功能群划分的植物特征的选择上,研究者的目的、研究尺度和解决问题的不同及对表征功能的植物特征选择的侧重点不同,造成最终功能群的划分也不同。这种不一致性在很大程度上阻碍了功能群的应用范围及研究问题的解决(如:不同研究尺度的比较、模型的一般化、全球气候模型的建立)。因此,选择相对稳定的,在不同尺度上具有可比性的植物特征划分植物功能群是功能群研究亟待解决的问题。

热值是指单位重量干物质在完全燃烧后所释放出来的热量值,是能量的尺度。植物群体是生态系统的能量固定者,是能量流的基础。热值是植物综合生长状态的一种体现,Long 早在 1934 年就对植物热值测定在生物学研究中的应用前景进行了展望,他认为植物生活中两个重要的基本过程:即在群落中的竞争和个体对环境的适应,可以通过热值测定的方法进行更精确和客观的评价^[13]。

热值是植物相对稳定的一个性质,同种植物的热值尽管会随植物部位的不同及光强、日照时数、养分含量、季节和土壤类型而发生变化^[14],但这种变异幅度不足以掩盖植物的种间差异。热值作为植物的一个生物学指标,与其他指标相比具有整合性,它直接反映植物对太阳能的转化效率,是生态系统中太阳能与所有生物组成之间的共同数值,可以在相对高的组织水平变成一个通用的量度;同时,也只有能量数据才能将不同生物学层次的动态变化联系起来,使生态系统的各组分联系起来,全面系统地反映群落的功能特征和太阳能的利用状况,使不同类型的生态系统具有可比性。

鉴于功能群概念的发展现状及热值所具有的上述特征,在本项研究中,以内蒙古锡林河流域草原植物群落为例,尝试以植物热值为属性建立植物能量功能群的划分方法,并探讨其在植被动态研究中的客观性与可行性。

1 研究方法

1.1 研究区基本情况

研究区域选择了草地类型在中国温带半干旱草原中具有代表性的内蒙古草原,位于锡林河流域(N 43° 26' ~ 44° 39', E 115° 32' ~ 117° 12')中游,紧临中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站(IMGERS),该区属于内蒙古高原典型草原带。该区域地处国际地圈-生物圈计划(IGBP)全球变化研究中国东北陆地样带(NECT)之内,区域内草原原始面貌保存较好,在中国温带草原区乃至整个欧亚大陆草原区都具有典型性与代表性。是中国典型草原带最具代表性和保护较好的地段之一,以多年生和1年生禾草占优势,形成典型草

原景观,近几十年,该流域的超载过牧,已经导致草原严重退化。

锡林河流域属典型大陆性半干旱温带草原气候,冬天寒冷干燥,夏季温暖湿润,年均温 -0.4°C ,月最低温(1月)及月最高温(7月)分别为 -21.6°C 和 18.8°C ,每年有 5 个月(5~9 月份)均温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 。年降雨量 350mm,其中 60%~80% 集中在 6~8 月份。年潜在蒸发量 1700 mm,是年降雨量的 4~5 倍。

1.2 样地选取

本项研究在该流域中游 25km^2 范围内选取了 3 个草原群落类型(羊草-贝加尔针茅草甸草原、羊草典型草原、大针茅典型草原),其中,羊草(*Aneurolepidium chinense*)草原和大针茅(*Stipa grandis*)草原是锡林河中游代表群系,是典型草原的主体,土壤类型分别为暗栗钙土与典型栗钙土。本项研究的羊草-贝加尔针茅草甸草原是介于草甸草原和典型草原之间的过渡类型,是一种相对湿润的草原类型,土壤类型属黑钙土,由于所选择的各采样点在地形地势、植物区系组成、土壤类型与理化性状等方面都有所差异,是温带半干旱草原中典型的几个生态亚区,因此研究结果在试验区域内具有一定的代表性。

在 3 个草原类型内分别选取 1 个退化梯度系列,每个梯度包括 4 个不同退化程度的样地(未退化、轻度退化、中度退化、重度退化),共 12 个样地,样地基本情况见表 1。

1.3 取样及测定方法

于 2002 年 7 月底~8 月初在上述 12 个样地,分种采集植物地上部分,齐地面剪割,尽可能地采集到样地内出现的所有物种。将上述所采集的植物样品用 80°C 的烘箱烘干至恒重,粉碎处理后,用 Parr 1281 型氧弹式热量计进行热值测定。本文所分析测定的热值均为干重热值。

计算每种植物多个样地取样测定的平均热值,在此基础上进行植物能量功能群的划分。

2 研究结果

内蒙古锡林河流域草原群落 12 个样地共采集到 243 个植物样品,共 19 科、42 属、60 种。如图 1 所示,所有物种平均热值为 $17.29 \pm 0.91 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$,变异系数 5.4%,其中,1 年生杂草猪毛菜(*Salsola collina*)的热值($13.12 \pm 1.09 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$)明显低于其他种,其它物种的热值从($15.65 \pm 0.55 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$) (刺藜 *Chenopodium aristatum*)到($18.82 \pm 0.39 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$) (小叶锦鸡儿 *Caragana microphylla*),呈现峰值为 $17.50 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ 的正态分布。

在对研究区内各种群落内 60 种植物热值的分布规律进行研究的基础上(图 1),采用人为的分段方法进行能量功能群的划分(表 2)。划分标准为:高能值植物功能群(热值 $> 18.00 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$),共有 12 种,包括灌木小叶锦鸡儿,3 种优势高禾草(羊草 *Leymus chinensis*、大针茅 *Stipa grandis* 和羽茅 *Achnatherum sibiricum*)和一些有毒植物(乳浆大戟 *Euphorbia esula*, 披针叶黄华 *Thermopsis lanceolata*, 狼毒 *Stellea chamaejasme*),中能值植物功能群($18.00 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1} > \text{热值} > 17.00 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$),共有 28 种,包括半灌木冷蒿 *Artemisia frigida*,大多数多年生杂草(长柱沙参 *Adenophora stenanthina*, 变蒿 *Artemisia commutata*, 阿尔泰狗哇花 *Heteropappus altaicus*, 麻花头 *Serratula centauroides*, 矮葱 *Allium anisopodium*, 山葱 *Allium senescens* 等)和几种矮禾草(冰草 *Agropyron cristatum*, 洽草 *Koeleria cristata*, 糙隐子草 *Cleistogenes squarrosa*, 早熟禾 *Poa attenuata*),低能值植物功能群(热值 $< 17.00 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$),共有 20 种,包括部分多年生杂草(旱麦瓶草 *Silene jensseensis*, 细叶鸢尾 *Iris tenuifolia*, 黄花葱 *Allium condensatum*, 细叶葱 *Allium tenuissimum*, 菊叶委陵菜 *Potentilla tanacetifolia*, 星毛委陵菜 *Potentilla*

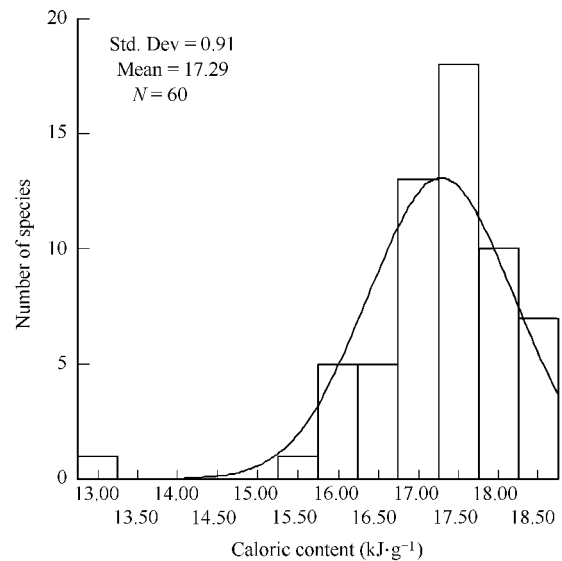


图 1 内蒙古锡林河流域草原植物种热值频率分布图

Fig. 1 The frequency distribution of caloric values of the major plant species on the steppes along the Xilin River Basin of Inner Mongolia

Table 3 Range analysis for cultured milk vetch root dry weight (g)

Level No.	Codes of factors											
	Sucrose and macro-elements						Micro-elements					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
K_1	0.2272	0.3431	0.4501	0.3431	0.3953	0.4501	0.3431	0.3953	0.3953	0.4501	0.3431	0.4501
K_2	0.3900	0.3383	0.2861	0.3383	0.3931	0.3383	0.3931	0.2861	0.3931	0.2861	0.3383	0.2861
K_3	0.3944	0.3302	0.2754	0.3302	0.2232	0.2232	0.2754	0.3302	0.2232	0.2754	0.3302	0.2754
X_1	0.0757	0.1144	0.1500	0.1144	0.1318	0.1500	0.1144	0.1318	0.1318	0.1500	0.1144	0.1500
X_2	0.1300	0.1128	0.0954	0.1128	0.1310	0.1128	0.1310	0.0954	0.1310	0.0954	0.1128	0.0954
X_3	0.1315	0.1101	0.0918	0.1101	0.0744	0.0744	0.0918	0.1101	0.0744	0.0918	0.1101	0.0744
R	0.0558	0.0043	0.0582	0.0043	0.0574	0.0756	0.0392	0.0364	0.0574	0.0582	0.0043	0.0582

Table 4 Effects of SCFE on seed germination of selected plants

Treatment No.	Germination rate (%)											
	Radish						Wheat					
	12 h	16 h	22 h	16 h	26 h	40 h	16 h	26 h	40 h	16 h	26 h	40 h
CK	33.33 ± 4.69 a	63.33 ± 6.58 a	81.67 ± 7.34 a	41.67 ± 3.28 a	93.33 ± 3.83 ab	95.00 ± 2.15 ab	16.67 ± 3.77 b	33.33 ± 4.85 b	53.33 ± 4.69 b	73.33 ± 5.24 a	73.33 ± 5.24 a	73.33 ± 5.24 a
1	28.33 ± 3.85 ab	53.33 ± 6.45 ab	68.33 ± 7.15 a	41.67 ± 3.67 a	98.33 ± 0.75 a	98.33 ± 0.25 ab	28.33 ± 5.28 a	58.33 ± 5.03 a	73.33 ± 5.03 a	73.33 ± 5.03 a	73.33 ± 5.03 a	73.33 ± 5.03 a
2	26.67 ± 3.54 abc	43.33 ± 4.88 bc	68.33 ± 6.44 a	20.00 ± 1.96 b	83.33 ± 5.44 abc	93.33 ± 2.86 ab	3.33 ± 0.44 c	6.67 ± 0.72 cd	21.67 ± 3.06 de	21.67 ± 3.06 de	21.67 ± 3.06 de	21.67 ± 3.06 de
3	20.00 ± 3.12 bcd	45.00 ± 5.14 bc	70.00 ± 7.05 a	10.00 ± 0.73 bc	65.00 ± 5.39 def	98.33 ± 0.84 ab	0.00 ± 0.00 c	6.67 ± 0.54 cd	38.33 ± 4.32 bcd	38.33 ± 4.32 bcd	38.33 ± 4.32 bcd	38.33 ± 4.32 bcd
4	10.00 ± 1.68 d	25.00 ± 3.23 d	68.33 ± 6.87 a	18.33 ± 2.15 b	78.33 ± 6.24 bcd	98.33 ± 0.58 b	1.67 ± 0.37 c	3.33 ± 0.26 cd	16.67 ± 20.3 e	16.67 ± 20.3 e	16.67 ± 20.3 e	16.67 ± 20.3 e
5	20.00 ± 3.63 bcd	40.00 ± 5.36 bcd	71.67 ± 7.22 a	1.67 ± 0.21 c	68.33 ± 7.08 cde	90.00 ± 3.87 ab	0.00 ± 0.00 c	1.67 ± 0.13 d	40.00 ± 4.23 bcd	40.00 ± 4.23 bcd	40.00 ± 4.23 bcd	40.00 ± 4.23 bcd
6	16.67 ± 3.09 cd	33.33 ± 4.12 cd	71.67 ± 6.39 a	11.67 ± 1.05 bc	66.67 ± 6.52 de	91.67 ± 3.33 ab	5.00 ± 0.61 c	11.67 ± 1.34 c	46.67 ± 3.87 bc	46.67 ± 3.87 bc	46.67 ± 3.87 bc	46.67 ± 3.87 bc
7	16.67 ± 3.26 cd	35.00 ± 4.78 cd	76.67 ± 7.57 a	6.67 ± 0.82 bc	56.67 ± 6.47 efg	99.36 ± 0.36 a	1.67 ± 0.23 c	3.33 ± 0.39 cd	28.33 ± 3.15 cde	28.33 ± 3.15 cde	28.33 ± 3.15 cde	28.33 ± 3.15 cde
8	13.33 ± 2.52 d	28.33 ± 3.51 cd	73.33 ± 6.55 a	0.00 ± 0.00 c	50.00 ± 5.25 fg	95.00 ± 2.06 ab	1.67 ± 0.15 c	1.67 ± 0.15 cd	28.33 ± 2.50 cde	28.33 ± 2.50 cde	28.33 ± 2.50 cde	28.33 ± 2.50 cde
9	11.67 ± 2.16 d	23.33 ± 3.33 d	68.33 ± 5.66 a	3.33 ± 0.26 c	41.67 ± 4.67 g	93.33 ± 2.45 ab	0.00 ± 0.00 c	3.33 ± 0.38 cd	25.00 ± 3.34 de	25.00 ± 3.34 de	25.00 ± 3.34 de	25.00 ± 3.34 de

Data are mean SE of 6 replications; The same letters within one column indicate no significant difference at $p = 0.05$ (LSD)

acaulis 等) 和多数 1 年生杂草(鹤虱 *Lappula echinata*, 王不留行 *Vaccaria segetali*, 刺藜 *Chenopodium aristatum*, 灰绿藜 *Chenopodium glaucum*, 猪毛菜 *Salsola collina*)。

表 2 锡林河流域草原群落主要植物的热值及其能量功能群划分

Table 2 Caloric values of plant species in steppe communities of Xilin River Basin, with life form, and Energy PFGs indicated

科 Family	种 Species	生活型 Life form	能量功能群 Energy PFGs	热值 Caloric value (kJ·g ⁻¹)	n
紫草科 Boraginaceae	鹤虱 <i>Lappula echinata</i>	A	L	16.99	1
桔梗科 Campanulaceae	长柱沙参 <i>Adenophora stenanthina</i>	PF	M	17.88 ± 0.17	3
	皱叶沙参 <i>Adenophora crispata</i>	PF	M	17.67	1
石竹科 Caryophyllaceae	旱麦瓶草 <i>Silene jensisensis</i>	PF	L	16.54 ± 0.37	4
	石竹 <i>Dianthus chinensis</i>	PF	L	16.16	1
	王不留行 <i>Vaccaria segetali</i>	A	L	16.01	1
藜科 Chenopodiaceae	刺藜 <i>Chenopodium aristatum</i>	A	L	15.65 ± 0.55	5
	灰绿藜 <i>Chenopodium glaucum</i>	A	L	16.45	1
	木地肤 <i>Kochia prostrate</i>	SS	L	16.79 ± 0.06	3
	猪毛菜 <i>Salsola collina</i>	A	L	13.12 ± 1.09	10
菊科 Compositae	变蒿 <i>Artemisia commutata</i>	PF	M	17.62	1
	大籽蒿 <i>Artemisia sieversiana</i>	A	H	18.12	1
	风毛菊 <i>Saussurea japonica</i>	A	M	17.10 ± 0.18	2
	阿尔泰狗娃花 <i>Heteropappus altaicus</i>	PF	M	17.47 ± 0.80	3
	红足蒿 <i>Artemisia rubripes</i>	PF	L	16.81	1
	火绒草 <i>Leontopodium leontopodioides</i>	PF	M	17.44 ± 0.67	2
	苦买菜 <i>Ixeris denticulata</i>	PF	M	17.54	1
	冷蒿 <i>Artemisia frigida</i>	SS	M	17.45 ± 0.73	10
	麻花头 <i>Serratula centauroide</i>	PF	M	17.02 ± 0.71	4
	南牡蒿 <i>Artemisia eriopoda</i>	PF	M	17.28	1
	线叶菊 <i>Fififolium sibiricum</i>	PF	M	17.65 ± 0.52	4
	裂叶蒿 <i>Artemisia tanacetifolia</i>	PF	M	17.31 ± 0.48	2
莎草科 Cyperaceae	黄囊苔草 <i>Carex korshinskyi</i>	PG	M	17.84 ± 0.38	12
川续断科 Dipsacaceae	华北兰盆花 <i>Scabiosa tschiliensis</i> Grunning	PF	M	17.25 ± 0.39	2
大戟科 Euphorbiaceae	乳浆大戟 <i>Euphorbia esula</i>	PF	H	18.74 ± 0.37	2
禾本科 Gramineae	冰草 <i>Agropyron cristatum</i>	PG	M	17.72 ± 0.49	12
	糙隐子草 <i>Cleistogenes squarrosa</i>	PG	M	17.74 ± 0.44	12
	洽草 <i>Koeleria cristata</i>	PG	M	17.40 ± 0.84	10
	羊草 <i>Leymus chinensis</i>	PG	H	18.42 ± 0.27	12
	羽茅 <i>Achnatherum sibiricum</i>	PG	H	18.26 ± 0.10	3
	渐狭早熟禾 <i>Poa attenuata</i>	PG	M	17.40 ± 0.60	3
	大针茅 <i>Stipa grandis</i>	PG	H	18.25 ± 0.37	12
	细叶鸢尾 <i>Iris tenuifolia</i>	PF	L	16.41 ± 0.86	4
鸢尾科 Iridaceae	囊花鸢尾 <i>Iris ventricosa</i>	PF	L	16.90 ± 0.37	2
	并头黄芩 <i>Scutellaria scordifolia</i>	PF	H	18.07	1
唇形科 Labiatae	扁蓿豆 <i>Pocokia ruthenica</i>	PF	M	17.63 ± 0.56	7
豆科 Leguminosae	直立黄芪 <i>Astragalus adsurgens</i>	PF	M	17.35 ± 0.19	2
	小叶锦鸡儿 <i>Caragana microphylla</i>	S	H	18.81 ± 0.39	2
	披针叶黄芩 <i>Thermopsis lanceolata</i>	PF	H	18.12 ± 1.21	4
	乳白花黄芪 <i>Astragalus galactites</i>	PF	M	17.47 ± 1.04	3
	矮葱 <i>Allium anisopodium</i>	PF	M	17.97	1
百合科 Liliaceae	黄花葱 <i>Allium condensatum</i>	PF	L	16.05	1

续表

科 Family	种 Species	生活型 Life form	能量功能群 Energy PFGs	热值 Caloric value (kJ·g ⁻¹)	n
毛茛科 Ranunculaceae	山葱 <i>Allium senescens</i>	PF	M	17.34 ± 0.22	3
	双齿葱 <i>Allium bidentatum</i>	PF	H	18.30	1
	细叶葱 <i>Allium tenuissimum</i>	PF	L	16.78 ± 1.59	5
	野韭 <i>Allium ramosum</i>	PF	M	17.42 ± 0.48	3
	知母 <i>Anemarrhena asphodeloides</i>	PF	M	17.29	1
	细叶白头翁 <i>Pulsatilla turczaninowii</i>	PF	L	15.72 ± 2.05	3
	瓣蕊唐松草 <i>Thalictrum petaloideum</i>	PF	L	16.99 ± 0.59	4
	展枝唐松草 <i>Thalictrum squamarrosu</i>	PF	M	17.93	1
蔷薇科 Rosaceae	二裂委陵菜 <i>Potentilla bifurca</i>	PF	M	17.12 ± 0.58	9
	伏毛山莓草 <i>Sibbaldia adpressa</i>	PF	L	15.92 ± 0.88	3
	菊叶委陵菜 <i>Potentilla tanacetifolia</i>	PF	L	16.65 ± 0.90	9
	轮叶委陵菜 <i>Potentilla verticillaris</i>	PF	L	16.86 ± 0.50	5
	星毛委陵菜 <i>Potentilla acaulis</i>	PF	L	16.26 ± 0.97	10
玄参科 Scrophulariaceae	柳穿鱼 <i>Linaria vulgaris</i>	PF	M	17.10	1
	芯芭 <i>Cymbaria dahurica</i>	PF	L	16.71 ± 0.35	3
瑞香科 Thymelaeaceae	狼毒 <i>Stellea chamaejasme</i>	PF	H	18.29 ± 0.55	5
伞形科 Umbelliferae	狭叶柴胡 <i>Bupleurum scorzonrifolium</i>	PF	H	18.38 ± 0.25	3
	防风 <i>Saposhnikovia divaricata</i>	PF	H	18.19 ± 0.24	5

S, SS, PF, PG, A 分别代表灌木、半灌木、多年生杂草、多年生禾草和 1、2 年生植物 S, SS, PF, PG, A represents shrubs, subshrubs, perennial forbs, perennial grasses and annuals and biennials, respectively

热值以平均值 ± 标准差表示, n 代表取样数 Caloric value was expressed as mean ± SD, n represents sample number

H, M, L 分别代表高能值植物功能群、中能值植物功能群和低能值植物功能群 H, M, L represents high energy PFGs, moderate energy PFGs and low energy PFGs

3 讨论

植物功能群的概念是由时间尺度、空间及所关注的问题 3 个方面决定,不同尺度上的观测、分析方法和所关心焦点的不同产生了不同的植物功能群划分标准。国内外的学者对植物功能群划分标准进行了很多尝试,一些功能群分类方案也得到大家认可,如生活型、生长型、光合功能型等,但无论采用何种分类方法,最重要的是对植物特征和生态过程的选择^[15]。

有研究表明,植物热值与植物的群落学作用有一定内在联系,在原生草原群落中高能值植物通常更具竞争力,往往占据优势地位,而低能值植物的竞争力常较弱,构成草原群落的伴生种或偶见种^[16],在本项研究中,几个草原类型的原生群落建群种如羊草、大针茅、贝加尔针茅等均属于高能值植物功能群,而大部分 1、2 年生植物均属于低能值植物功能群。基于植物热值的能量功能群分类,可以综合地反映植物生理生态过程的不同,进而可以部分地解释随环境梯度和人类活动强度的变化所导致的植物功能群组成的变化,以及不同物种的竞争与共存机制,进而更为准确地反映不同植物群体在草原生态系统中的功能地位,揭示功能群与气候波动及全球变化的内在关系。

在草原退化过程中,群落的能量功能群组成也会随之变化,低能值植物功能群在退化的群落中更占优势,而这些又与退化过程中系统整体功能衰退耦合。

根据上述研究结果与相关讨论,可以将植物能量功能群定义为:依据植物的能量属性,即单位干物质热值的高低所划分的功能类群,在草原生态系统中,同一能量功能群内的植物种类通常具有相近的群落学作用(如高大建群与优势禾草植物多属于高能值植物功能群、而低能值植物功能群则多是 1、2 年生植物与一些偶见成分,对外部干扰(如放牧与割草干扰)具有相似的反应。

因此,通过充分发挥能量指标在不同等级层次与类型之间具有良好可比性的优势,可以保证顺利地开展

能量功能群与退化过程中系统功能互动关系的研究,并极大地促进草原退化机制与整体动态变化规律的定量研究,使人们从更深的层次上认识草原群落的退化演替及其共性规律。

目前这种功能群划分方法面临的主要问题是热值的种内变异性,热值会随着植物的取样部位,取样季节和外界环境条件而发生变化,上述因素的变化均会对植物的能量功能群归属造成一定影响。因此,在划分能量功能群时,取样时间、取样部位、取样时的环境条件的确定就至关重要,采用多次取样的平均值是十分必要的。此外,关于能量功能群的分类方法,也是需要进一步探讨的问题,本文采取了在研究植物热值分布范围的基础上,采用人为分段的方法,把功能群分为大于 $18\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$, $17\sim 18\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ 和小于 $17\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ 三段,也曾经尝试利用计算机聚类的方法进行功能群的分段,但是该方法更多的依赖于样本数的大小,样本数不同,划分的标准就不同,显然更不利于植物的归类。相对而言,机械的分段,基本可以反映某种植物的能量属性,同时也利于新出现植物的归类,更有利于下一步的推广应用。

能量功能群作为一种探索性的功能群划分方法,还有很多地方需要完善,但是其在揭示植物在群落中的功能作用,反映群落的能量属性方面的优势已经显现。

References:

- [1] Gitay H, Noble I R. What are functional types and how should we seek them? in: Smith, T. M., H. H. Shugart & F. I. Woodward eds. Plant functional types. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 3—19.
- [2] Hawkins C P, MacMahon. Guilds: the multiple meanings of a concept. Annual Review of Entomology, 1989, 34: 423—451.
- [3] Simberloff D, Dayan T. The guilds concepts and the structure of ecological communities. Annual Review of Ecology and Systematics, 1991, 22: 115—143.
- [4] Tilman D, Knops J, Wedin D, *et al.* The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. Science, 1997, 277: 1300—1302.
- [5] Hooper, D U, Vitousek P M. The effects of plant composition and diversity on ecosystem processes. Science, 1997, 277: 1302—1305.
- [6] Hector A, Schmid B, Beierkuhnlein C, *et al.* Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. Science, 1999, 286: 1123—1127.
- [7] Yin L J, Li M R. A study on the geographic distribution and ecology of C4 plants in China, I. C4 plant distribution in China and their relation with regional climatic condition, Acta Ecologica Sinica, 1997, 17: 350—363.
- [8] Tang H P, Liu S Y, Zhang X S. the C4 plants in Inner Mongolia and their eco-geographical characteristics. Acta Botanica Sinica, 1999, 41(4): 420—424.
- [9] Bai Y F, Chen Z Z. Effects of long-term variability of Plant species and functional groups on stability of a *Leymus chinensis* community in the Xilin River Basin, Inner Mongolia, Acta Phytocologica Sinica, 2000, 24(6): 641—647.
- [10] Bai Y F, Zhang L X, Zhang Y, *et al.* Changes in plant functional Composition along gradients of precipitation and temperature in the Xilin River Basin, Inner Mongolia, Acta Phytocologica Sinica, 2002, 26(3): 308—316.
- [11] Wang Z W, Xing F, Zu T C, *et al.* The Response of Functional group composition and species diversity of *Aneurolepidium Chinese* grassland to flooding disturbance on Songnen Plain, Northeastern China. Acta Phytocologica Sinica, 2002, 26(6): 708—716.
- [12] Jiang G M, Dong M. Photosynthesis and water usage efficiency of the clonal and nonclonal plants distributed along Northeast China Transect (NECT). Acta Botanica Sinica, 2000, 42(8): 855—863.
- [13] Long F L. Application of calorimetric methods to ecological research. Plant Physiology, 1934, 9(2): 323—327.
- [14] Ren H, Peng S L. The characteristics of ecological energetics of the forest ecosystem in the successional process in Dinghushan, Guangdong, China. Acta Ecologica Sinica, 1999, 19(6): 817—822.
- [15] Sun H Z, Guo Q X, Zhou X F. Classification Attribute and Approach of Plant Functional Types. Journal of Northeast Forestry University, 2004, 32(2): 81—83.
- [16] Bao Y J, Li Z H, Han X G, *et al.* The calorific content of plant species and its role in a *Leymus chinensis* steppe community of Inner Mongolia, China. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(11): 4443—4451.

参考文献:

- [7] 殷立娟, 刘美荣. 中国 C4 植物的地理分布与生态学研究. I. 中国植物及其与气候环境的关系. 生态学报, 1997, 17(4): 350—363.
- [8] 唐海萍, 刘书润, 张新时. 内蒙古地区的 C4 植物及其生态地理特性的研究. 植物学报, 1999, 41(4): 420—424.
- [9] 白永飞, 陈佐忠. 锡林河流域羊草草原植物种群和功能群的长期变异性及其对群落稳定性的影响. 植物生态学报, 2000, 24(6): 641—647.
- [10] 白永飞, 张丽霞, 张炎, 等. 内蒙古锡林河流域草原群落植物功能群组成沿水热梯度变化的样带研究. 植物生态学报, 2002, 26(3): 308—316.
- [11] 王正文, 邢福, 祝廷成, 等. 松嫩平原羊草草地植物功能群组成及多样性特征对水淹干扰的响应. 植物生态学报, 2002, 26(6): 708—716.
- [12] 蒋高明, 董鸣. 沿中国东北样带 (NECT) 分布的若干克隆植物与非克隆植物光合速率与水分利用效率的比较. 植物学报, 2000, 42(8): 855—863.
- [14] 任海, 彭少麟, 刘洪先, 等. 鼎湖山植物群落及其主要植物的热值研究. 植物生态学报, 1999, 23(2): 148—154.
- [15] 孙慧珍, 国庆喜, 周晓峰. 植物功能型分类标准及方法. 东北林业大学学报, 2004, 32(2): 81—83.
- [16] 鲍雅静, 李政海, 韩兴国, 等. 内蒙古羊草草原植物种的能量含量及其在群落中的作用. 生态学报, 2007, 27(11): 4443—4451.