

高寒小嵩草草甸暖季草场主要植物种群的生态位^{*}

董全民^{1,2,*} 赵新全¹ 马玉寿² 李青云² 施建军¹ 王彦龙¹ 盛丽¹ 闫明毅²

(¹ 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810002; ² 青海省畜牧兽医科学院, 西宁 810016)

摘要 对高寒小嵩草草甸不同放牧强度下 20 种植物种群的优势度、生态位宽度及生态位重叠规律进行了研究。结果表明, 经过 2 年的放牧实验, 对照、轻度 and 中度放牧组的主要优势种均为小嵩草和垂穗披碱草, 重度放牧组的主要优势种为鹅绒委陵菜和阿拉善马先蒿; 由于小嵩草、矮嵩草和线叶嵩草具有耐牧和耐践踏等生物学特点, 它们的生态位宽度很大 (0.938, 0.824, 0.815); 垂穗披碱草由于其耐牧和耐旱性较差, 生态位宽度相对较小 (0.805), 且青海野青茅、异针茅、针茅、紫羊茅和双叉细柄茅等禾本科牧草的生态位宽度在放牧强度梯度上均较小 (0.226, 0.448, 0.445, 0.608, 0.605), 说明放牧抑制了高大禾草层片的发育, 为植株矮小的莎草科牧草的生长创造了条件; 异针茅和针茅之间、甘肃马先蒿和阿拉善马先蒿之间生态位重叠较小 (0.500, 0.572), 这是种间对资源利用上分化的结果。分布于放牧演替系列 2 个极端的种群间生态位重叠较小, 表明物种的分布是既间断又连续的。

关键词 高寒小嵩草草甸, 暖季草场, 放牧强度, 优势度, 生态位宽度, 生态位重叠

中图分类号 S812 **文献标识码** A **文章编号** 1000 - 4890(2006)11 - 1323 - 05

Niche of main plant populations on a warm seasonal pastureland of alpine Kobresia parva meadow. DONG Quanmin^{1,2}, ZHAO Xinquan¹, MA Yushou², LI Qingyun², SHI Jianjun², WANG Yanlong², SHENGLi, YAN Mingyi² (¹ Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China; ² Qinghai Academy of Animal and Veterinary Sciences, Xining 810016, China). Chinese Journal of Ecology, 2006, 25(11): 1323 ~ 1327.

The study on the dominance, niche breadth and niche overlap of twenty main plant populations on a warm-seasonal pastureland of alpine *Kobresia parva* meadow under four grazing intensities showed that after two years grazing, *K. parva* and *Elymus natans* were the dominated plants in the control, light grazing, and moderate grazing plots, while *Potentilla anserine* and *Pedicularis alaschanica* dominated in heavy grazing plot. Because of their high endurance in grazing, drought, and tramping, *K. parva*, *K. humilis* and *K. capillifolia* had a wide niche breadth, with the values being 0.938, 0.824 and 0.815, respectively. The niche breadth of *E. natans* was relatively narrow (0.805) owing to its bad biological characters in enduring grazing, drought and tramping. The niche breadths of *D. kokonorica*, *Stipa aliena*, *S. purpurea*, *Festuca rubra* and *Ptilagrostis dichotoma* based on grazing gradients were all very narrow, with the values being 0.226, 0.448, 0.445, 0.608 and 0.605, respectively, indicating that grazing restricted the growth of high grasses and created a good environment for the growth of short sedges. The niche overlaps between *S. aliena* and *S. purpurea*, and *P. kansuensis* and *P. alaschanica* were relatively narrow (0.500, 0.572), which could be seen as the results of resource utilization differentiation between plant species. The species with grater niche breadth generally had greater niche overlap with other species, while the species distributed on the two extremeness of the grazing gradient had narrower niche overlap with each other, suggesting that the distribution of the species was both continuous and discontinuous.

Key words alpine *Kobresia parva* meadow, warm-seasonal pastureland, grazing intensity, dominance, niche breadth, niche overlap.

1 引言

生态位 (niche) 及其理论的研究成为近代生态学的重要领域, 也是群落生态学研究非常活跃的一个领域。在植物生态学研究, 生态位的研究实际上是对植物种群或群落与所处环境之间以及种间关系进行的综合分析, 或者说从生物的资源利用谱 (resource utilization spectrum) 上反映物种的存

在、竞争与适合度^[16,17]。生态位理论包括生态位宽度 (niche breadth or niche width) 和生态位重叠 (niche overlap)。尽管对于生态位定量研究的具体公式还存有争议, 但通过测算植物种群的生态位宽

*青海省“九五”攻关项目 (96-N-112) 和国家“十五”科技攻关重大计划资助项目 (2001BA606A-02)。

**通讯作者

收稿日期: 2006 - 01 - 25 接受日期: 2006 - 06 - 24

度及生态位重叠来反映环境梯度变化对于生态位分化的作用仍不失为一种有效的手段^[1,2,14]。本文以牦牛放牧强度作为一个综合环境梯度指标,对青藏高原高寒小嵩草(*Kobresia parva*)草甸暖季草场主要植物种群的生态位宽度和生态位重叠进行了研究,旨在从生态位理论的角度探讨不同放牧强度下主要植物种群对环境资源的利用方式,解释植物群落的放牧演替机制。

2 材料与方法

2.1 研究区概况

试验地选在青海省达日县窝赛乡,地理位置为 99°47'38" N, 33°37'21" E,海拔在 4 000 m 以上,气候寒冷,年平均气温为 -1.2℃,最冷月 1 月的平均气温为 -12.9℃,最热月 7 月的平均气温为 9.1℃,0℃的积温为 1 081℃,5℃的积温为 714.9℃,生长季为 4 个月左右,无绝对无霜期。年平均降雨量是 569 mm,多集中在 5~9 月,年蒸发量 1 119.07 mm,雨热同季,有利于牧草生长。土壤为高山草甸土,草地为已发生退化的高寒小嵩草草甸,它与高寒草甸群落相联,其基本成土过程是生草过程,并以剖面上部植物根系絮结形成致密草皮为其主要特征。

2.2 研究方法

试验时间为 1998 年 6 月 28 日至 2000 年 5 月 30 日。夏季放牧从 6 月 1 日至 10 月 31 日,然后转入冬季草场放牧至第 2 年 5 月 31 日,周而复始。试验分 4 个处理,分别是轻度放牧(牧草利用率为 30%)、中度放牧(牧草利用率为 50%)、重度放牧(牧草利用率为 70%)和对照(牧草利用率为 0)。每个处理有 4 头 2.5 岁、体重为 100 kg ±5 kg 阉割过的公牦牛进行实验,所有牦牛在实验前投药驱虫。根据草场地上生物量及冬季牧草营养的损失率、牦牛的理论采食量和草场面积确定放牧强度(表 1)。

在每个处理小区内按对角线选定 3 个具有代表

性的固定样点,每年 8 月下旬在每个样点上各取 5 个重复样方(0.5 m ×0.5 m),并将它分成 4 个小样方,测定植被群落的种类组成及其特征值(盖度、高度、频度和生物量)。本文只用放牧第 2 年的数据。

2.3 公式的选用

采用 Shannon-Wiener 生态位宽度公式及 Pianka 生态位重叠公式计算种群的生态位宽度及种间生态位重叠:

$$NB = \frac{-\ln N_{ij} - (1/N_{ij}) \cdot (N_{ij} \ln N_{ij})}{\ln r}$$

$$NO = N_{ij} \cdot N_{kj} / (N_{ij}^2 + N_{kj}^2)^{1/2}$$

式中, NB 为生态位宽度, NO 为种群 i 和种群 k 的生态位重叠, j 为放牧梯度, N_{ij} 和 N_{kj} 分别为种群 i 和种群 k 在第 j 级资源位上的优势度; r 为放牧强度等级数。

优势度 (SDR) = (相对盖度 + 相对高度 + 相对频度 + 相对生物量) / 4 × 100 %

3 结果与分析

3.1 暖季草场主要植物种群优势度变化

优势种植物的变化是衡量草地状况的有效方法,表现在优势种和次优势种植物的替代及伴生种的不同。不同放牧强度下,20 种植物的优势度存在一定差异(表 2)。在对照、轻度和中度放牧下,小嵩草和垂穗披碱草为优势种;重度放牧下,鹅绒委陵菜和阿拉善马先蒿为主要优势种。由此表明,经过 2 年的放牧,各放牧处理组的植物群落发生了变化:对照、轻度和中度放牧组的优势种没有变化,重度放牧组的优势种发生了变化,各处理组矮嵩草均为次优势种,除了重度放牧组,鹅绒委陵菜也为共有种。表明矮嵩草为高寒小嵩草草甸过牧危害下的过渡植物,如果持续过度放牧,矮嵩草进一步被鹅绒委陵菜等匍匐茎杂类草所代替。

3.2 暖季草场主要植物种群生态位宽度

植物种群生态位宽度是植物利用资源多样性的一个指标,它可以反映某一种群对环境的适应性及利用环境资源的广泛性。以小嵩草为优势种的群落主要分布在山地阳坡和排水良好的滩地,该群落中 20 种植物在放牧强度梯度上的生态位宽度见表 2。尽管小嵩草的适口性较好而被优先采食^[12],但由于它具有耐牧和耐旱等生物学特点,因而生态位宽度最大,高达 0.938,说明在放牧干扰下,小嵩草种群表现出最大利用资源的能力。垂穗披碱草由于适口

表 1 放牧试验设计

Tab.1 Design of grazing trial

放牧处理	试验用牛 (头)	草地面积 (hm ²)		牧草利用率 (%)		放牧强度 (头 hm ⁻²)	
		夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季
轻度放牧	4	4.50	5.19	30	30	0.89	0.77
中度放牧	4	2.75	3.09	50	50	1.45	1.29
重度放牧	4	1.92	2.21	70	70	2.08	1.81
对照	0	1.00	1.00	0	0	0	0

性相对较差,但它的耐牧和耐旱性较差,生态位宽度比小嵩草小。青海野青茅对放牧及由放牧引起的环境变化反应最为敏感,重牧后几乎完全消失,其生态位宽度最窄,而且黑褐苔、异针茅、针茅和双柱头蒿草的生态位宽度较小,它们对放牧条件下变化了的环境资源的利用状况也较差。具有较强适应变化环境的匍匐茎杂类(鹅绒委陵菜)以及增加种(甘肃马先蒿和阿拉善马先蒿)经过2年的放牧,成为重度放牧组的主要优势种和次优势种,生态位宽度较大;黄帚囊吾、麻花苻、草、紫羊茅和双叉细柄茅的生态位宽度与鹅绒委陵菜、甘肃马先蒿和阿拉善马先

表2 不同放牧强度下高寒小嵩草草甸暖季草场主要植物种群的优势度与生态位宽度

Tab.2 Dominances and niche breadth of major plant populations under different grazing intensities in an alpine *K. parva* meadow warm season pastureland

植物名称	优势度				生态位宽度
	对照	轻度放牧	中度放牧	重度放牧	
1 小嵩草 <i>Kobresia parva</i>	31.01	28.05	21.12	17.19	0.938
2 矮嵩草 <i>K. humilis</i>	3.31	6.12	9.10	10.98	0.824
3 藏嵩草 <i>K. tibetan</i>	-	1.79	1.90	2.01	0.773
4 线叶嵩草 <i>K. capillifolia</i>	1.92	2.20	3.17	3.20	0.815
5 青海苔草 <i>Carex ivanavoe</i>	1.12	1.01	1.00	1.43	0.803
6 黑褐苔草 <i>C. atrofusca</i>	1.89	1.04	1.00	1.00	0.782
7 垂穗披碱草 <i>Elymus natans</i>	19.98	16.98	11.05	4.01	0.805
8 洽草 <i>Koeleria cristata</i>	2.01	2.95	2.76	3.20	0.733
9 紫羊茅 <i>Festuca rubra</i>	1.98	1.56	1.00	3.03	0.608
10 针茅 <i>Stipa purpurea</i>	1.75	1.01	1.19	1.09	0.445
11 异针茅 <i>S. aliena</i>	1.76	1.00	1.75	1.00	0.448
12 双柱头蒿草 <i>Scirpus distigmaticum</i>	1.50	1.00	1.00	1.00	0.402
13 青海野青茅 <i>Deyeuxia holciformis</i>	6.21	0.98	1.00	1.00	0.226
14 双叉细柄茅 <i>Ptilagrostis dichotoma</i>	1.56	1.20	1.68	1.79	0.605
15 长叶毛茛 <i>Ranunculus amurensis</i>	1.50	1.00	1.79	1.89	0.398
16 麻花苻 <i>Geatiana straminea</i>	1.80	1.00	1.00	2.06	0.725
17 黄帚囊吾 <i>Ligularia virgaurea</i>	1.00	2.00	3.00	11.01	0.777
18 甘肃马先蒿 <i>Pedicularis kansuensis</i>	-	1.00	4.23	11.01	0.734
19 阿拉善马先蒿 <i>P. alaschanica</i>	-	1.00	2.21	20.09	0.706
20 鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserine</i>	3.20	5.10	10.21	23.01	0.748

蒿具有相同的特点;矮嵩草、藏嵩草、线叶嵩草和青海苔草的优势度随放牧强度的增加而增加,表明它们具有一定的耐牧和耐践踏性。但总体上,垂穗披碱草生态位宽度比小嵩草小,而且青海野青茅、异针茅、针茅、紫羊茅和双叉细柄茅等的生态位宽度在放牧强度梯度上均较窄,说明放牧抑制了高大禾草层片的发育,为植株矮小的莎草科牧草(小嵩草、矮嵩草、线叶嵩草和青海苔草等)的生长创造了条件,同时也说明垂穗披碱草等其它禾草属中轻度放牧植物,适宜放牧的对策有所不同^[4]。

3.3 暖季草场主要植物种群的生态位重叠

在放牧强度梯度演替系列上,每一种植物都分布在一定的空间地段上,但这些地段并不是间断的,而是相互交错重叠的,种群间生态位重叠程度即能反映这种交错重叠又能体现种群间对共同资源的利用状况^[3],2个种群的生态位重叠值越大,利用资源种类与利用资源方式的相似程度越高^[10]。表3是高寒小嵩草草甸暖季草场20种主要植物种群间在放牧强度梯度上的生态位重叠状况。小嵩草、矮嵩草、藏嵩草和线叶嵩草均属低矮耐牧耐旱植物,对空间和水肥条件的要求较为接近,其生态位宽度都很宽,所以除了长叶毛茛、青海野青茅和双柱头蒿草,它们与其它植物种之间的生态位重叠均较大,但它们之间的生态位重叠值较小。这是因为在群落内部同属物种之间由于生物—生态学特征更为相似,在一定程度上它们对环境资源的需求分化,导致生态位重叠程度降低,以便使它们共同生存于同一小生境中,具有长期生存适应的生态学意义^[5]。因此可以认为,异针茅和针茅之间、甘肃马先蒿和阿拉善马先蒿之间生态位重叠的降低,也是种间对资源利用上分化的结果,这是了解群落结构和种间关系的关键所在。另外,由于青海野青茅、长叶毛茛和双柱头蒿草的生态位很窄,它们与其它种之间的生态位重叠度不大,其中最大的是它们与垂穗披碱草的重叠(分别为0.691、0.495和0.806),这主要由于垂穗披碱草株高较大,对空间的要求较为一致,因而对资源的利用能力强,与其它种的分布地段重叠大。麻花苻、黄帚囊吾和洽草等,具有较强的抗旱或耐旱特点,多分布于较干旱的重牧和过牧阶段^[6]。由生态位重叠可以看出,生态位宽度较大的物种与其它种群间也有较大的生态位重叠,分布于放牧演替系列2个极端的种群间生态位重叠较小,说明物种的分布是既间断又连续的^[3]。

表 3 不同放牧强度下高寒小嵩草草甸暖季草场主要植物种群的生态位重叠

Tab.3 Niche overlap of major plant populations under different grazing intensities in an alpine *K. parva* meadow warm-season pasture land

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	0.573	0.519	0.431	0.813	0.798	0.701	0.712	0.766	0.721	0.772	0.792	0.513	0.699	0.429	0.627	0.712	0.690	0.500	0.871
2		1	0.512	0.507	0.837	0.791	0.801	0.699	0.594	0.701	0.712	0.882	0.571	0.590	0.469	0.807	0.798	0.601	0.592	0.880
3			1	0.599	0.902	0.798	0.921	0.819	0.712	0.600	0.503	0.302	0.599	0.432	0.499	0.698	0.608	0.599	0.468	0.719
4				1	0.912	0.889	0.908	0.871	0.718	0.791	0.699	0.803	0.501	0.612	0.419	0.788	0.812	0.310	0.469	0.709
5					1	0.468	0.708	0.612	0.508	0.419	0.461	0.777	0.458	0.509	0.477	0.819	0.809	0.299	0.501	0.218
6						1	0.606	0.605	0.397	0.402	0.799	0.701	0.531	0.319	0.392	0.792	0.712	0.408	0.611	0.317
7							1	0.910	0.878	0.828	0.788	0.806	0.691	0.798	0.495	0.581	0.598	0.791	0.730	0.501
8								1	0.812	0.809	0.899	0.792	0.469	0.788	0.425	0.697	0.628	0.690	0.612	0.629
9									1	0.969	0.940	0.503	0.505	0.902	0.498	0.590	0.300	0.608	0.518	0.307
10										1	0.572	0.809	0.500	0.902	0.399	0.590	0.300	0.505	0.516	0.308
11											1	0.499	0.572	0.810	0.400	0.492	0.500	0.511	0.499	0.221
12												1	0.512	0.591	0.414	0.415	0.506	0.411	0.713	0.422
13													1	0.870	0.402	0.490	0.550	0.494	0.580	0.390
14														1	0.422	0.499	0.503	0.429	0.507	0.299
15															1	0.600	0.501	0.521	0.517	0.792
16																1	0.862	0.522	0.617	0.519
17																	1	0.612	0.797	0.601
18																		1	0.500	0.502
19																			1	0.413
20																				1

注:1,2...20 所代表植物名同表 2。

4 讨论

植物群落作为植物种群对环境梯度反映的集合体,其自身的生态特性也随环境梯度的变化呈现出一定的变化规律,这些生态特性包括群落的种类变化及群落中建群种的地位或优势种的地位等^[18,19]。因此,生态位理论在植物种群研究中有重要而广泛的应用,通过对植物种群之间生态位重叠、生态位相似性比例及生态位宽度的计算,可以更深入地认识植物种群内或种间的竞争,这对深入理解植物种群在群落中的地位和作用也提供了帮助^[9]。本研究表明,不同放牧梯度下暖季草场植物群落中优势种的生态位宽度比伴生种宽,这与 del Moral^[13]对亚高寒草甸群落、陈波等^[5,6]对高寒草甸群落生态位的研究结果基本一致,但与韩苑鸿等^[10]对内蒙古典型草原不同放牧梯度下生态位的研究结果不一致。这是由于群落中的优势种在创建植物群落内部独特的生境条件及决定群落种类组成方面起主要作用,这些种的生活力及生态适应能力较强,繁殖速度较快,因而在群落内部适应小生境的能力及对小生境内资源的利用能力都表现出较强的优势^[5,6]。然而,随放牧强度的进一步提高至重度,由于牦牛采食过于频繁,减少了有机质向土壤中的输入,土壤营养过度消耗,改变了植物的竞争能力,抑制了主要优势种小嵩草和垂穗披碱草的生长,降低了它们的竞争优势,使一些较耐牧的牧草品种(矮嵩草、禾叶嵩

草、鹅绒委陵菜)及毒杂草(甘肃马先蒿、阿拉善马先蒿和黄帚囊吾)的数量及优势度增加^[11],表现为可食杂草和毒杂草的盖度增加,在生境梯度上表现出较宽的生态位,这与韩苑鸿等^[10]在内蒙古典型草原上的研究结果基本一致。

另外,许多生态学家试图用生态位理论解释群落形成与演替的机制,并提出了许多观点,但目前尚无统一的观点。群落中的每个种,由其遗传、生理上的内在特点决定其与各生态因子间的特殊联系,即每个种各自独特的生态位,同时每个种在生态因子梯度上形成特有的分布形式^[1,2]。就高寒小嵩草草甸放牧演替而言,其过程是物种适应由放牧引起环境因子梯度变化、形成适应于各物种生态学特性的分布格局的结果,或物种生态位分化,其结果导致放牧演替系列上群落类型发生改变^[3]。优势种小嵩草虽具有耐牧、耐旱等生物学特性,并在创造群落内部独特环境中起重要作用,生态位宽度也最大,但在重度放牧阶段其种群数量较小,这与韩苑鸿等^[10]在内蒙古典型草原上、王仁忠等^[3]在松嫩平原羊草草地上随放牧强度增加优势种植物种群数量很小或消失的结论基本一致。随放牧演替的进行,土壤趋向干旱化、盐碱化^[3],小嵩草等种群数量下降,而适应这种变化的匍匐茎杂草类(鹅绒委陵菜)和旱生种(甘肃马先蒿和阿拉善马先蒿)以及耐旱种(矮嵩草、黄帚囊吾)的优势度逐渐增加,并在重牧阶段成为优势种、次优势种或主要伴生种。这些种生态

位宽度较大,表明它们具较强的利用和适应环境的能力。作为草地退化先锋植物的鹅绒委陵菜、甘肃马先蒿和阿拉善马先蒿以及黄帚橐吾具有极强的适应环境的能力^[8],尤其是鹅绒委陵菜和黄帚橐吾。这可能是由它们的遗传特性决定其只有在土壤趋向干旱化、盐碱化条件下才有较强的竞争力和适应力^[3]。

从生态位理论来讲,资源分享是认识群落结构形成机制的主要问题^[15],如果要进一步揭示种间对可利用资源的分享数量,就要涉及到生态位理论中的生态位重叠问题。正如前文所述,在群落内部同属物种之间由于生物—生态学特征更为相似,在一定程度上它们对环境资源的需求分化,导致生态位重叠程度降低,以便使它们共同生存于同一小生境中,具有长期生存适应的生态学意义。因此可认为,群落内部种对生态位重叠程度的降低,是种间对不同放牧强度梯度下对资源利用分化的结果。在4个放牧强度梯度(包括对照)中,伴生种中的一些阔叶草表现出较大的生态位宽度以及和一些优质牧草(莎草+禾草)间有较大的生态位重叠,表明这些阔叶草在对资源利用和放牧强度梯度变化的敏感性上有较大的能力,这可能与长期超载过牧或植物和放牧家畜长期协同进化有关^[7],说明放牧演替是既间断又连续的过程^[3]。

5 结 论

经过2年的放牧,暖季草场各放牧处理组的植物群落发生了变化,对照、轻度和中度放牧组的优势种没有变化,重度放牧组的优势种发生了变化;各处理组的次优势种均有矮嵩草,且除了重度放牧组,鹅绒委陵菜也为其它处理组所共有,说明矮嵩草为高寒小嵩草草甸过牧危害下的过渡植物,如果持续过度放牧,矮嵩草进一步被鹅绒委陵菜等匍匐茎杂类草所代替,这些杂类草无性繁殖能力较强,侵占了大面积生境,草场出现严重退化。

尽管小嵩草的适口性较好而被优先采食,但由于它具有耐牧和耐旱等生物学特点,生态位宽度仍然最大,垂穗披碱草由于适口性相对较差,但它的耐牧和耐旱性较差,生态位宽度比小嵩草小,且青海野青茅、异针茅、针茅、紫羊茅和双叉细柄茅等禾本科牧草的生态位宽度在放牧强度梯度上均较窄,表明放牧抑制了高大禾草层片的发育,为植株矮小的小嵩草、矮嵩草、线叶嵩草和青海苔草等的生长创造了

条件。

异针茅和针茅之间、甘肃马先蒿和阿拉善马先蒿之间生态位重叠的较低,这是种间对资源利用上分化的结果,且生态位宽度较大的物种与其它种群间也有较大的生态位重叠,分布于放牧演替系列两个极端的种群间生态位重叠较小,表明物种的分布是既间断又连续的。

参考文献

- [1] 王 刚,赵松岭,张鹏云,等. 1984. 关于生态位定义探讨及生态位重叠计测公式改进研究[J]. 生态学报, 4(2): 119~126.
- [2] 王 刚. 1990. 生态位理论若干问题探讨[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 26(2): 109~113.
- [3] 王仁忠. 1997. 放牧影响下羊草草地主要植物种群生态位宽度与生态位重叠的研究[J]. 植物生态学报, 21(4): 304~311.
- [4] 李永宏,汪诗平. 1997. 草原植物对家畜放牧的营养繁殖对策初探[A]. 见:中国科学院内蒙古草原生态系统定位站. 草原生态系统研究[C]. 北京: 科学出版社, 23~31.
- [5] 陈 波,周兴民. 1995. 三种嵩草群落中若干植物种的生态位宽度与重叠分析[J]. 植物生态学报, 19(2): 158~169.
- [6] 陈 波,周兴民,王启基,等. 1995. 高寒草甸植物种群的生态位研究[J]. 高寒草甸生态系统, 4: 73~90.
- [7] 汪诗平,李永宏,王艳芬,等. 2001. 不同放牧率对内蒙古冷蒿草原植物多样性的影响[J]. 植物学报, 43(1): 89~96.
- [8] 周华坤,周 立,赵新全,等. 2003. 江河源区“黑土滩”型退化草场的形成过程与综合治理[J]. 生态学杂志, 22(5): 51~55.
- [9] 袁志忠,何丙辉. 2004. 生态位理论及其在植物种群研究中的应用[J]. 福建林业科技, (2): 123~127.
- [10] 韩苑鸿,汪诗平,陈佐忠. 1999. 放牧率梯度研究内蒙古典型草原主要种群的生态位[J]. 草地学报, 7(3): 204~210.
- [11] 董全民,赵新全,李青云,等. 2005. 牦牛放牧率对小嵩草(*Kobresia parva*)高寒草甸暖季草场植物群落组成和植物多样性的影响[J]. 西北植物学报, 25(1): 94~102.
- [12] 董全民,赵新全,马玉寿,等. 2005. 牦牛放牧强度与小嵩草高寒草甸植物群落的关系[J]. 草地学报, 13(4): 334~338, 343.
- [13] del Moral R. 1983. Vegetation ordination of subalpine meadows using adaptive strategies[J]. *Can. J. Bot.*, 61: 3117~3127.
- [14] Pielou EC. 1972. Niche width and niche overlap: A method for measuring them[J]. *Ecology*, 53: 687~692.
- [15] Schoener TW. 1974. Resources partitioning in ecological communities[J]. *Science*, 185: 27~39.
- [16] Shugart HH, Bonan GB, Rasteeler EB. 1998. Niche theory and community organization[J]. *Can. J. Bot.*, 66: 2634~2639.
- [17] Thompson K, Gaston KJ, Band SR. 1999. Range size, dispersal and niche breadth in the herbaceous flora of central England[J]. *J. Ecol.*, 87: 155~158.
- [18] Whittaker RH. 1967. Gradient analysis of vegetation[J]. *Biol. Rev.*, 42: 207~264.
- [19] Whittaker RH, Levin SA, Root RB. 1973. Niche, habitat and ecotype[J]. *Am. Nat.*, 107: 321~338.

作者简介 董全民,男,1972生,副研究员。主要从事草地放牧生态、青藏高原“黑土型”退化草地的恢复与重建等方面研究,发表论文50余篇。E-mail: dongquanmin@hotmail.com, dqm850@sina.com
责任编辑 刘丽娟