

文章编号: 1000-4025(2003)11-1956-07

青海湖地区芨芨草群落特征及其 物种多样性研究^{*}

周国英¹, 陈桂琛¹, 赵以莲², 王顺忠¹,
李 伟³, 孙 菁¹, 彭 敏¹

(1 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001; 2 青海省科技厅, 西宁 810001; 3 青海省三角城种羊场, 青海刚察 812300)

摘 要: 以青海湖地区典型的芨芨草群落为研究对象, 用样带法进行了调查。根据野外调查资料分析了青海湖地区芨芨草群落的群落学特征, 应用生物多样性的原理和方法计测了青海湖地区芨芨草群落的物种丰富度指数 (R_0 、 R_1)、物种多样性指数 (Shannon-W iener 指数 H 、Simpson 指数 D 和 Hill 指数 n_1 、 n_2) 及均匀度指数 (E_1 、 E_2)。结果表明, 青海湖地区芨芨草群落的组成成分简单, 植物种类比较贫乏, 北温带分布的属占优势; 生活型以地面芽植物种类居多, 是该群落中处于优势地位的生活型; 芨芨草群落垂直结构分异较为明显; 芨芨草群落的丰富度指数、均匀度指数和物种多样性指数表现出基本一致的变化趋势。群落植物多样性指数的大小受立地生境和人为活动的综合影响, 对于芨芨草群落而言, 生境条件越适宜, 优势种地位越明显, 丰富度指数和物种多样性指数越低; 过度放牧地带丰富度指数和物种多样性指数较低。

关键词: 青海湖; 芨芨草; 群落特征; 物种多样性

中图分类号: Q 948 15 8 **文献标识码:** A

Study on *Achnatherum splendens* community characteristics and species diversity around Qinghai Lake

ZHOU Guo-ying¹, CHEN Gui-chen¹, ZHAO Yi-lian²,
WANG Shun-zhong¹, LI Wei³, SUN Jing¹, PENG Min¹

(1 Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China; 2 Sciences and Technology Bureau of Qinghai Province, Xining 810001, China; 3 Sheep Breeding Pasture Land of City Sanjiao, Qinghai, Gangcha 812300, China)

Abstract: The distributing zone of *Achnatherum splendens* communities in Qinghai Lake were selected as 2 stands and were designed 15 sampling lands 150 plots were investigated by sampling method. Based on the plot data, *Achnatherum splendens* communities characteristics were analyzed by the specific composition, the flora feature, the community physiognomy, the vertical structure, and so on. The index of the frequency, the coverage and the species diversity index (Shannon-W iener index H , Simpson index D , Hill index n_1 and n_2), the richness index (R_0 , R_1) and the evenness index (E_1 , E_2) were measured in *Achnatherum splendens* community. The results are as following: the specific composition of *Achnatherum splendens* community is simpleness and plant species is poor. The genera of the north Temperate is absolute dominance. The plants

* 收稿日期: 2003-04-08; 修改稿收到日期: 2003-06-06

基金项目: 国家中西部专项“江河源主要生态区生态恢复研究与示范”(K99-05-1)

作者简介: 周国英(1974-), 男(汉族), 青海乐都人, 助理研究员, 在职研究生。主要从事植物生态学研究。

of the hem icryptophyte were more and larger that is dominant station. The vertical structure of *Achnatherum splendens* community is apparent. The species diversity index, the richness index and the evenness index of *Achnatherum splendens* community of change direction is accordant. The species diversity indices varied according to the site conditions and anthropogenic effects. A *Achnatherum splendens* community the more suitable condition to the inhabitation, the more distinctness station of dominant species and the more low the richness index and the species diversity index. The richness index and the species diversity is lower at the area of over grazing.

Key words: the Qinghai Lake; *Achnatherum splendens*; community characteristic; species diversity

青海湖地区由于特有的自然环境与悠久的土地利用历史形成了独特的生物多样性分布格局。随着人类活动的增加与自然环境的恶化, 青海湖地区的生物多样性面临着严重的威胁。为此青海省于 1975 年在青海湖建立了鸟岛自然保护区, 1992 年经联合国科教文组织批准, 青海湖地区加入《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》, 被列入国际重要湿地名录, 并于 1997 年建立了青海湖国家级自然保护区。而揭示每个生态系统的生物多样性将为保护区合理规划和生物多样性的有效管理提供基础资料。

芨芨草 (*Achnatherum splendens*) 属禾本科 (Gramineae) 芨芨草属 (*Achnatherum*) 植物, 为多年生密丛性, 须根粗壮坚韧, 外具沙套, 秆直立, 坚硬, 平滑^[1]。具有耐寒、耐旱、耐盐、适应性广的特性。在我国主要分布在青海、西藏、四川、新疆、甘肃、内蒙古、宁夏、陕西、山西等地。^[3]其经济价值较高, 不仅是优良饲用植物、纤维植物, 而且也是水土保持植物^[2]。芨芨草群落在青海省以青海湖盆地、共和盆地及柴达木盆地东部的广大地区较为集中^[4]。多生长于开阔平坦、海拔 2 900~ 3 400 m 的湖积平原、河谷阶地和山前缓坡。青海湖盆地的芨芨草群落在湖滨呈环带状分布^[5], 是青海湖地区重要的草地类型, 从而成为青海湖地区草业和畜牧业的优良草场和重要基地。芨芨草群落作为青海湖地区温性草原的代表群落, 也是重要景观生态类型之一。芨芨草群落不仅为草地畜牧业的发展提供不可缺少的物质基础, 而且在抗风固沙、保持水土等维护自然环境的稳定性方面也起着重要作用, 同时也是鸟类的重要栖息地^[6]。然而, 由于地质历史演变、气候环境变化等自然原因, 加之近几十年来大规模地生产开发以及人类经济活动的干扰和影响, 尤其是人为开垦、过度放牧等不合理利用, 使原本脆弱的生态环境更加脆弱, 芨芨草原遭到严重破坏, 面积急剧减少, 草地生态环境恶化, 导致土地生产力下降, 物种多样性大量丧

失。因此, 揭示其物种多样性的意义显而易见。但是, 对于青海湖地区芨芨草群落物种多样性的研究目前尚未见报道, 为此我们选择了青海湖地区芨芨草分布的典型地区, 在实地调查的基础上对其群落的结构、种类组成、区系特点、物种多样性等进行了研究, 旨在探讨青海湖地区芨芨草群落的自然生态规律, 为芨芨草资源持续利用以及退化草地的植被恢复提供一些科学依据, 为保护区合理规划和生物多样性的有效管理提供基础资料。

1 自然概况

青海湖位于青藏高原东北部, 是我国最大的高原内陆微咸水湖。位于 36°15' ~ 38°20' N, 97°50' ~ 101°20' E 之间, 四周为高山环绕的封闭式山间内陆盆地。全区有布哈河等 50 余条大小河流分布^[7]。湖区属典型的高原大陆性气候特征, 具有寒冷期长, 太阳辐射强, 气温日差较大, 干旱少雨, 降水比较集中等特点。据刚察县气象观测资料分析, 多年平均气温为 - 0.5℃, 极端最高温 25℃, 极端最低温 - 31℃, 0℃ 的年积温为 1 299℃, 多年平均降水量 370.3 mm, 年蒸发量 607.4 mm, 平均风力大于 8 级。最大冻土深度 2.88 m, 土壤以栗钙土为主。本研究的样地设在青海湖北岸的青海省三角城种羊场和湖西的鸟岛地区, 处于海拔 3 200~ 3 650 m 的芨芨草分布带。

2 研究方法

2.1 野外取样

调查样地选择植物生长均匀、微地形差异较小、集中连片分布的群落, 分别进行取样。每一取样点上与样带垂直的方向上置 50 m 的测绳作为基线, 然后以 5 m 为间隔, 以左右相间的形式取 1 m × 1 m 的小样方, 每一取样点共取 10 个样方。共设置 15 条样带, 共计 150 个小样方, 含盖了从湖滨沼泽到针茅 (*Stipa* spp.) 草原之间的所有芨芨草群落。样方调

查记录植物种类组成、种群的物候期、高度和盖度以及海拔等环境因子。

2.2 数据处理

在室内准确鉴定植物标本,统计科属种及其组成。按吴征镒种子植物属的分布区类型划分方案^[8]分析属的分布类型及其区系组成。按 Raunkier 的生活型分类系统统计生活型并建立生活型谱^[9],并以此划分群落的层片结构。重要值、物种多样性、丰富度及均匀度指数的计算按下列公式:

$$\text{重要值}(I_v) = (\text{相对频度} + \text{相对盖度}) / 2^{[10]}$$

群落丰富度指数(Richness index):

$$R_0 = S$$

$$R_1 = (S - 1) / \ln N^{[11]}$$

群落物种多样性指数(Diversity index):

Simpson 指数:

$$D = N_i(N_i - 1) / [N(N - 1)]^{[12]}$$

Shannon-wiener 指数:

$$H = - \sum (P_i \ln P_i)^{[13]}$$

Hill 指数:

$$n_1 = e^H^{[12]}$$

$$n_2 = 1/\lambda^{[12]}$$

群落均匀度指数(Evenness index):

$$E_1 = H / \ln(S)$$

$$E_2 = eH / S$$

式中, S 为群落中的总物种数; N 为群落中全部种的总个体数, 由于个体数对于草本植物统计较为困难, 本文采用各物种的重要值代替个体数进行计算; N_i 为各个种的重要值; $P_i = N_i / N$ 。

3 结果与分析

3.1 芨芨草群落植物区系的基本特点

据样方调查, 青海湖地区芨芨草群落共出现种子植物 72 种, 隶属 52 属, 22 科, 其中种类最多的科为禾本科有 15 种, 其次为菊科(Compositae) 9 种, 分别占总种数的 21% 和 13%; 其它为伞形科(Umbelliferae) 6 种, 豆科(Leguminosae) 5 种, 藜科(Chenopodiaceae) 和蔷薇科(Rosaceae) 各 5 种, 玄参科(Scrophulariaceae) 4 种, 分别占总种数的 8%、6.9%、6.9%、6.9%、5.5%; 其中禾本科和菊科占总种数的 34%, 伞形科、豆科、藜科、蔷薇科和玄参科占总种数的 41.2%, 其它 15 个科占总种数的 24.9%。

按吴征镒^[7]关于中国种子植物属所划分的 15

个分布区类型, 芨芨草群落中的植物属可划为其中的 7 个类型(表 1)。其中以北温带成分占首位, 共 27 属, 是总属数的 51.9%。世界分布属有 12 个, 它们是独行菜属(*Lepeidium*)、蓼属(*Polygonum*)、猪毛菜属(*Salsola*)、藜属(*Chenopodium*)、滨藜属(*Atriplex*)、碱蓬属(*Suaeda*)、车前属(*Piantago*)、龙胆属(*Gentiana*)、黄芪属(*Astragalus*)、苔草属(*Carex*)、拉拉藤属(*Galium*)、早熟禾属(*Poa*), 占总属数的 23.1%。其它 5 种分布区类型共 13 属, 占总属数的 15%。由此可见, 温带性质的属可视为本区系的主体, 充分表明芨芨草群落植物区系的特征是以北温带成分为主的温带性质起决定作用。

表 1 芨芨草群落种子植物属的分布区类型

Table 1 The generic areal-types of seed plants in *Achnatherum splendens* communities

分布区类型 Areal-types	属数 No. of genera	占总属的百分比 Ratio (%)
世界分布 Cosmopolitan	12	23.1
北温带 North temperate	27	51.9
东亚和北美间断 E. Asia and N. Amer. dis-juncted	1	1.92
旧世界温带 Old world temperate	6	11.5
温带亚洲 Temperate Asia	2	3.85
东亚 E. Asia	3	5.77
中国特有 Endemic to China	1	1.92
合计 Total	52	100

3.2 芨芨草群落的生活型

植物的生活型是指植物对于生态环境条件长期适应而表现的某些特定的形态外貌特征和生长习性, 这是植物适应不同环境以及对相同环境而适应方式不同的结合^[14]。据 Raunkier 的生活型分类系统, 按一级生活型统计样方中出现的植物种, 分析其片层结构。结果表明: 该群落中地面芽植物种类多, 数量大, 是该群落中处于优势地位的生活型, 共有 33 种, 主要包括禾本科、莎草科、蔷薇科和豆科的一些种类, 占总种数的 45.8%; 其次为一年生植物, 共 19 种, 占总种数的 26.4%; 再次为隐芽植物, 共 12 种, 占总种数的 16.7%; 地上芽植物仅有 1 种, 所占比例最小。地面芽植物和一年生植物占总种数的比例高, 反映了该群落对高寒干旱的生态环境具有良好适应的种类较多^[15]。

3.3 芨芨草群落外貌及结构分析

芨芨草植丛浓密, 冠幅宽大, 根系发达。在 50m 的样线上, 芨芨草丛数差异较大, 6~21 丛不等。芨芨草群落多为连续片状分布, 也有小片呈斑块状镶嵌于其他群落中。相对其他草地植物群落类型, 芨芨

草群落垂直结构较为明显, 一般为 2~ 3 层。第一层以芨芨草为主, 高度一般为 65~ 100 cm, 有些植株可达 160 cm。在一些特殊地段, 由于干旱、过度放牧等原因, 植株低矮, 高度仅为 30~ 40 cm, 且花穗发育不全。其他禾本科植物如短花针茅 (*Stipa breviflora*)、冰草 (*Agropyron* spp.) 等构成群落的第二层, 高度一般为 15~ 45 cm。第三层一般为一些较为低矮的杂草类植物, 其高度一般为 4~ 20 cm^[4]。群

落总盖度为 45% ~ 85%。

3.4 芨芨草群系分类

使用 PCORD 生态学应用软件, 由 15 条样带 72 种植物的重要值组成矩阵, 利用 $2W/(A+B)$ 距离计算公式、最近邻体法进行聚类分析, 结果如图 1 所示, 在距离系数为 -2.527 处, 15 条样带可归入 12 个组, 代表 12 个群丛。

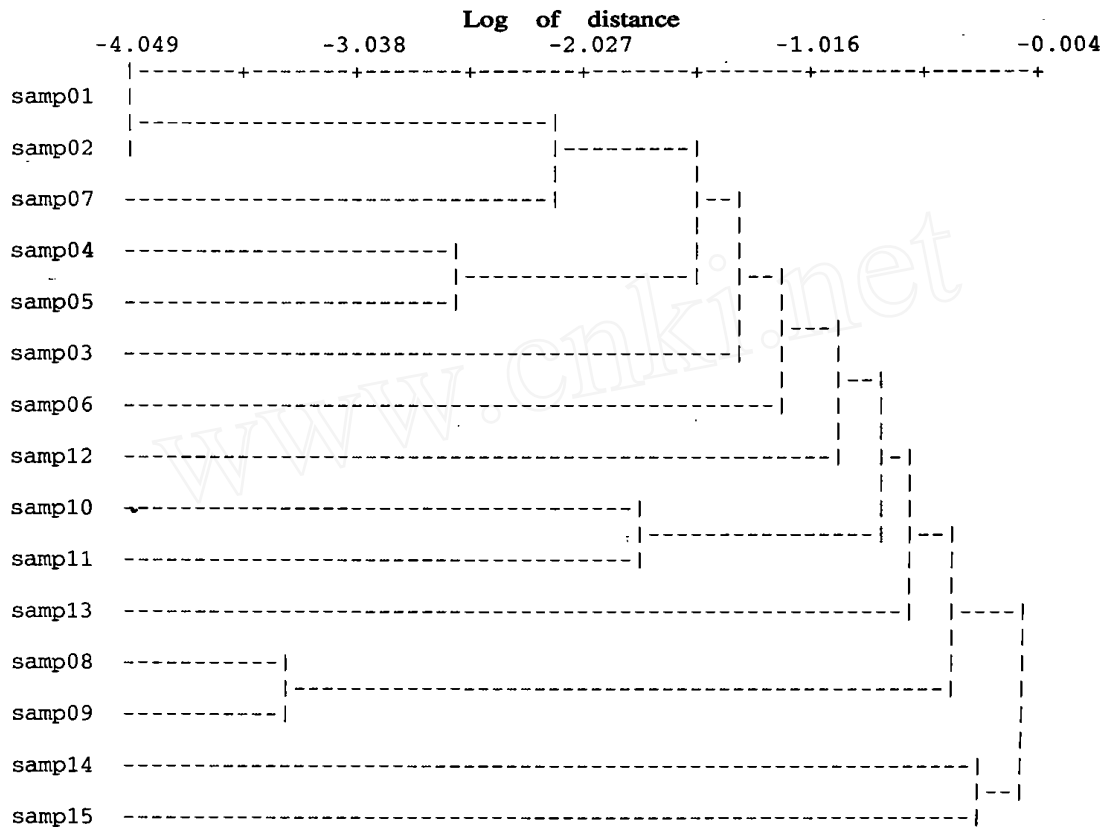


图 1 芨芨草群系聚类结果

Fig. 1 The result of cluster analysis of *Achnatherum splendens* formation

这 12 个群丛分别是: 群丛 1 为芨芨草群丛, 由样带 1 和 2 组成; 群丛 2 为芨芨草+ 蒿 (*Artemisia* spp.) 群丛, 由样带 7 组成; 群丛 3 为芨芨草+ 碱茅 (*Puccinellia* spp.) 群丛, 由样带 4 和 5 组成; 群丛 4 为芨芨草+ 赖草 (*Leymus secalinus*) + 碱茅群丛, 由样带 3 组成; 群丛 5 为芨芨草+ 针茅 (*Stipa* spp.) 群丛, 由样带 6 组成; 群丛 6 为芨芨草+ 海乳草 (*Glaux maritima*) + 星星草 (*Puccinellia* spp.) 群丛, 由样带 12 组成; 群丛 7 为芨芨草+ 大籽蒿 (*Artemisia sieversiana*) + 垂穗披碱草 (*Elymus nutans*) 群丛, 由样带 10 组成; 群丛 8 为芨芨草+ 赖草群丛, 由样带 11 组成; 群丛 9 为芨芨草+ 星星草群丛, 由样带 13 组成; 群丛 10 为芨芨草+ 早熟禾群丛, 由样带 8、9 组

成; 群丛 11 为芨芨草+ 早熟禾+ 垂穗披碱草群丛, 由样带 14 组成; 群丛 12 为芨芨草+ 早熟禾+ 狗哇花 (*Heteropappus* spp.) 群丛, 由样带 15 组成。

3.5 芨芨草群落物种多样性

青海湖地区芨芨草群落在结构和功能上都存在很大的差异, 这种差异主要受制于组成种不同的生物生态学特性。换言之, 具有不同功能作用的不同物种及其个体相对多度的差异是形成不同群落的基础^[16]。因此, 对于群落组织化程度的测度指标即物种多样性的研究具有十分重要的意义。

图 2 分别为青海湖地区 12 个芨芨草群丛的丰富度 (R_0, R_1)、均匀度指数 (E_1, E_2) 及物种多样性 (Shannon-Wiener 多样性指数 H' 、Simpson 指数 D')

和 Hill 指数 n_1 、 n_2) 的变化曲线图。

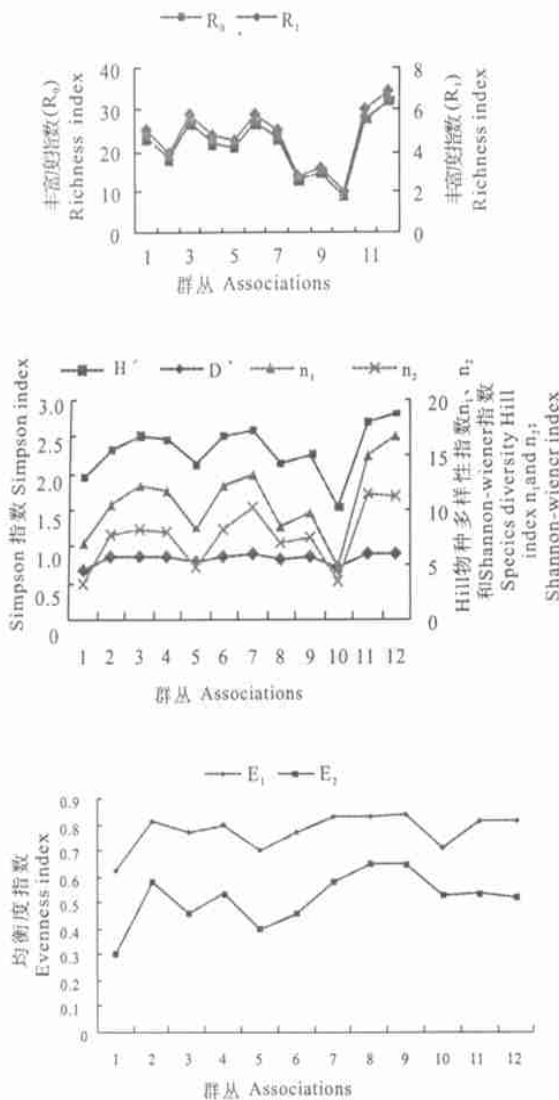


图2 芨芨草群系 12 个群丛的丰富度、均匀度和物种多样性指数变化曲线

Fig. 2 The curves of the richness, evenness and species diversity index of 12 associations of *Achnatherum splendens* formation

从图 2 可以看出, 丰富度指数和物种多样性指数表现出基本一致的变化趋势。按物种多样性指数从小到大排列芨芨草群丛依次为: 9、1、2、8、6、4、5、10、3、7、11、12。由于每个群丛的种数存在明显的差异, 丰富度指数变化幅度较大; 而均匀度指数和物种多样性指数变化比较平缓, 说明大多数芨芨草群丛对于地带性气候具有较为一致的适应特征, 波动与放牧、围栏封育等人为活动和立地环境等因素有关。

群丛 9 和 1 由于处于湿地边缘, 水分条件较好, 而且芨芨草种群盖度高达 70% ~ 80%, 其他种群很

难与之竞争, 形成了单优群丛, 导致群落的丰富度指数和物种多样性指数皆较低; 群丛 2 处于围栏外的过道, 经常受到牛羊的啃食和践踏, 属于过度放牧地, 生境比较严酷, 芨芨草种群株丛低矮, 但由于它根系发达和较强的分蘖能力, 形成明显的竞争优势, 从而也形成单优群丛, 所以群落的丰富度指数和物种多样性指数也较低。群丛 7、11、12 均处于芨芨草原和针茅草原的交错带, 呈片状镶嵌于针茅草原, 故其群落结构较为复杂, 群落的丰富度指数和物种多样性指数也较高。尽管群丛 8、6、4、5、10、3 位于芨芨草原内, 但由于群丛 5、10 和 3 处于围栏内, 群丛 8、6 和 4 处于围栏外, 故其物种丰富度指数和物种多样性指数也在群丛 9、1、2 和 7、11、12 之间变化, 且变化比较平缓。由此可见, 物种丰富度指数和物种多样性指数与群落结构、放牧等人为干扰和立地环境条件等都有密切关系, 结构较复杂的群落较其它群落的多样性指数高; 而由于特殊生境形成的单优群丛物种多样性指数则较低。

均匀度是指一个群落或生境中全部种的个体数目的分配情况, 它反映了种属组成的均匀程度^[18]。从图 2 可以看出, 均匀度指数 E_1 、 E_2 变化趋势一致, 说明他们所反映物种分布的均匀程度是一致的。群丛 A9、A1、A2 中芨芨草种群的重要值达到 47.392、50.588 和 56.276, 其优势种的地位非常明显, 群落内种类贫乏, 而且其他种类无论相对盖度还是出现的相对频度都较低, 即每个种群在群落内的重要值较小, 在群落中的地位与作用也较小, 故群落的丰富度指数和物种多样性指数皆较低; 均匀度指数也较低。均匀度指数低的地段比均匀度指数高的地段优势种明显。

由以上分析可以看出, 这些指数都反映了基本一致的趋势, 这是因为物种多样性指数是由物种丰富度和均匀度指数所决定的^[19]。各项指数首先与群落结构有关, 结构较复杂的群落较其他群落的多样性指数要高, 自然其物种丰富度和均匀度指数也较高。

4 结论和讨论

(1) 青海湖地区的芨芨草群落组成成分简单, 共出现了 72 种, 隶属 52 属, 22 科与陈桂琛等^[5]统计的青海湖地区的 445 种, 174 属和 52 科相比, 所占比例依次为 16.2%、29.9% 和 42.3%, 说明芨芨草原种类比较贫乏。从区系组成分析, 温带性质的属可视为本区系的主体, 充分表明芨芨草群落植物区

系的特征是以北温带成分为主的温带性质起决定作用。

(2) 从生活型组成的分析看, 地面芽植物种类多, 数量大, 是该群落中处于优势地位的生活型, 共有 33 种, 占总种数的 45.8%; 其次为一年生植物, 有 19 种, 占总种数的 26.4%; 再次为隐芽植物 12 种, 占总种数的 16.7%; 地上芽植物 1 种, 所占比例最小。

(3) 芨芨草植丛浓密, 冠幅宽大, 根系发达。相对青海湖地区的其他草地植物群落类型, 芨芨草群落垂直结构较为明显。

(4) 对于青海湖地区芨芨草群落, 丰富度指数、均匀度指数和物种多样性指数表现出基本一致的变化趋势。影响多样性的因素很多, 结构较复杂的群落较其他群落的多样性指数高, 物种丰富度指数和均匀度指数也较高, 即多样性和均匀度指数也能反映植物群落种类组成、结构等的差异。由于特殊生境形成的单优群落物种多样性较低。物种组成是决定群落性质、结构和功能的重要指标, 物种多样性的变化对草地群落的组成和结构具有综合指标意义^[20]。芨芨草种群由于具有较强的分蘖能力, 因此, 在立地条

件优越时往往形成单优群落; 另外, 在过度放牧的情况下和生境趋向旱化时, 尽管竞争受到抑制, 发育不良, 但由于其蓄存枯草高, 不易被践踏; 根系发达, 冠幅较大, 仍能处于竞争的优势地位; 但由于其它旱生种群的入侵, 群落种类会发生改变, 导致群落物种多样性增加。当对芨芨草群落进行围栏封育时, 群落的层次结构发生明显的垂直分化, 芨芨草种群盖度明显增加。

(5) 长期以来对于青海湖地区的芨芨草草原由于自由放牧、超载放牧和开垦, 导致生物与环境之间的协调关系被破坏, 致使青海湖地区芨芨草草原出现不同程度的退化。因此, 对退化草地实行围栏封育、补播等恢复措施, 增加植被覆盖, 加速群落的恢复与重建。芨芨草属丛生型禾草, 其根系发达, 竞争优势明显, 不仅是优良饲用植物, 而且具有良好的防风固沙、保持水土的作用。在青海湖地区的退耕还草工作中应充分利用芨芨草适应性强、兼具种子繁殖和分蘖繁殖、种群寿命长的特点, 进行人工种植, 使之在防风固沙、水土保持和发展畜牧业中发挥生态和经济的双重作用。

参考文献:

- [1] 刘尚武. 青海植物志(第4卷)[M]. 西宁: 青海人民出版社, 1999: 156- 157.
- [2] WEID(卫东), WANG Y R(王彦荣). Germination testing methods on *Achnatherum splendens* seeds[J]. *Practical Science(草地科学)*, 1998, 15(4): 29- 32(in Chinese).
- [3] WU ZH L(吴珍兰), LU SH L(卢生莲). On geographical distribution of *Achnatherum Beauv. (Gramineae)* [J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica(植物分类学报)*, 1996, 34(2): 152- 161(in Chinese).
- [4] CHEN G CH(陈桂琛), PENG GM(彭敏). Community characteristics and distribution laws of *Achnatherum* steppe in Qinghai province [J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin.* (西北植物学报), 1993, 13(2): 154- 162(in Chinese).
- [5] CHEN G CH(陈桂琛), PENG GM(彭敏). Types and distribution of vegetation in Qinghai Lake region [J]. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica(植物生态学与地植物学学报)*, 1993, 17(1): 71- 81(in Chinese).
- [6] LI D Q(李迪强), JIANG ZH G(蒋志刚), WANG ZW(王祖望). The spacial characteristics and GAP analyses about the biodiversity in the area of Qinghai Lake [J]. *Journal of Natural Resources(自然资源学报)*, 1999, 14(1): 47- 53(in Chinese).
- [7] 中国科学院兰州地质研究所, 中国科学院水生生物研究所, 中国科学院微生物研究所, 中国科学院南京地质古生物研究所. 青海湖综合考察报告[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [8] WU ZH Y(吴征镒). The area-types of Chinese genera of seed plants [J]. *Acta Botanica Yunnanica(云南植物研究)*, 1991, Supp. : IV.
- [9] 祝廷成, 钟章成, 李建东. 植物生态学[M]. 北京: 人民教育出版社, 1988: 196- 197.
- [10] KURAMATO R T, BLISS L C. Ecology of subalpine meadows in the Olympic mountain, Washington [J]. *Ecological Monographs*, 1970, 40: 317- 347.
- [11] MARGALEF R. Perspectives in ecological theory [M]. Chicago: University of Chicago Press, 1968; Pielou E C. Ecological Diversity [M]. Wiley, New York, 1975.
- [12] HILL M O, BUNCE R G H, SHAW M W. Indicator species analysis, a divisive polythetic method of classification, and its application to a survey of native pinewoods in Scotland [J]. *Journal of Ecology*, 1975, 63: 579- 613.
- [13] SHANNON C E, WEAVER W. The mathematical theory of communication [M]. Urbana: Unknown Distance Function, Illinois Press, 1949.
- [14] 周兴民, 杜庆. 青海植被 [M]. 西宁: 青海人民出版社, 1987: 34- 35.

- [15] BIRCH (毕润成), CHENG YL (成亚丽), YNDZ (尹大泽), WEIX ZH (魏学智), *et al*. The study on *Pinus bungeana* community characteristics and species diversity in the south of Mt Luliang [J]. *Bulletin Botanical Research* (植物研究), 2002, 22(3): 366- 372 (in Chinese).
- [16] ZHAO YL (赵以莲), CHEN GCH (陈桂琛), ZHOU GY (周国英), PENG M (彭敏). Sandy plant community diversity in the bird island of Qinghai Lake [J]. *Journal of Desert Research* (中国沙漠), 2003, 23(3): 295- 299 (in Chinese).
- [17] 马克平. 中国重点地区与类型生态系统多样性 [M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1999. 233- 235.
- [18] 张金屯. 植被数量生态学方法 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995: 312- 313.
- [19] HUANG ZH L (黄忠良), KONG GH (孔国辉), HED Q (何道全). Plant community diversity in Dinghushan nature reserve [J]. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2000, 20(2): 193- 198 (in Chinese).
- [20] WU DL (吴东丽), SHANGGUAN TL (上官铁梁), GAO HW (高洪文). A study on plant species diversity of *Borthriochloa ischaemum* communities in Southeast Shanxi Province [J]. *Acta Agraria Sinica* (草地学报), 2002, 10(4): 237- 243 (in Chinese).

新书介绍——《植物化学》

本书由西北农林科技大学生命科学院硕士生导师, 副教授高锦明博士(兼任西部植物化学国家工程研究中心首席研究员)主编, 科学出版社出版。

《植物化学》一书主要介绍了植物化学研究的历史、现状、进展和次生代谢产物的生物合成, 植物化学成分的基本提取技术和方法, 以及近代波谱等新技术在天然产物结构分析中的应用; 植物化学成分的存在与分布、结构和性质、提取分离工艺、结构鉴定、药理、生物活性和应用; 现代生物技术和有机合成在天然活性成分研究与开发中的应用。本书系统阐述植物化学基本理论、基本知识和基本技能的同时, 并结合了大量天然有机化合物的提取分离及结构鉴定实例, 将国内外植物化学研究的重要成就和最新进展贯穿全书的始终。全书分三篇, 共 14 章。

本书可作为高等院校天然药物化学、植物资源化学、生物技术与生物工程、制药工程、食品科学与工程、林产化工、植物保护、药学和中药学等专业本科生和相关专业研究生的教材和教学参考书, 同时也可作为有关科研、生产企业等科技人员的参考书。

本书定价: 38.00 元, 全国各地新华书店有售。如需邮购, 请汇款至: 陕西省杨凌农业高新技术产业示范区, 西农路, 《西北植物学报》编辑部

咨询电话: 029-7092016