

青海湖东北岸草甸化草原植物群落特征及多样性分析

宋成刚^{1,3}, 张法伟¹, 刘吉宏², 孙建文^{1,3}, 王建雷^{1,3}, 李英年^{1,4}

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001; 2. 青海省气象局海北牧业气象站, 青海 西海 810200;
3. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 4. 中国科学院高原生物适应与进化重点实验室, 青海 西宁 810001)

摘要: 2008年对海北牧业气象站附近的草甸化草原植物群落特征及生物多样性进行了监测和研究。结果表明, 研究区内群落的组成成分单一, 植物种类比较贫乏, 主要植物有23种, 隶属9科, 21属, 主要优势种为西北针茅(*Stipa krylovii*); 次优势种为矮嵩草(*Kobresia humilis*)、冷地早熟禾(*Poa crymophila*)等。北温带分布的属占优势植物群落, 其生活型多年生植物占绝对优势, 尤其是多年生非禾草类植物是群落的主要生活型; 群落垂直结构不太明显, 大体分3层; 从物种多样性分析看, 4条样线中, 物种丰富度指数(R_1 、 R_2)、Shannon-Wiener指数(H)、Simpson指数(D)及均匀度指数(E_1 、 E_2)变化差异不显著($P > 0.05$), 表现出基本一致的变化趋势。

关键词: 青海湖东北岸; 草甸化草原; 群落特征; 生物多样性

中图分类号: Q948.15; S812.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-0629(2011)07-1352-05

青海湖位于青藏高原东北部, 是我国最大的高原内陆咸水湖^[1], 因重要的地理位置、环境特点以及独特的生物多样性组成而受到学术界的普遍关注^[2-4]。环青海湖草地是青海省重要的畜牧业生产基地, 草地畜牧业是当地牧民经济的主体产业, 也是当地民族赖以生存的物质基础^[5]。然而, 近年来由于全球变暖和过度放牧等综合因素的影响, 生态系统和生物多样性受到严重威胁。因此, 揭示生态系统的生物多样性将为牧业生产合理规划和生物多样性的有效管理提供基础资料。

草甸化草原是由耐低温的旱中生、多年生地面芽和地下芽植物组成的植被类型, 或在典型高寒草甸植被中大量混生有旱生多年生草本植物的草甸植物类型^[1], 是环青海湖草地的重要组成部分之一。该类型的经济利用价值很高, 牧草种类繁多, 草质良好, 营养丰富, 且比较稳定。物种多样性的改变将对该地区生态系统结构、功能和稳定性产生重大的影响, 因此, 为了更多地了解和认识物种多样性及组成对生态系统功能的作用, 研究草甸化草原的生物多样性就显得尤为重要。

近年来, 一些学者对青海湖地区北岸的植被生物量变化特征、群体生长动态数值模拟、群落数量分类及土地利用方式对土壤碳氮含量的影响等方面做了大量的研究工作^[6-9], 而对北岸草甸化草原植物多样性的研究, 目前仅涉及到对芨芨草(*Achnatherum*

splendens)群落特征及其多样性的部分研究^[10], 对草甸化草原牧草群落特征及生物多样性的研究报道较少。为此, 本研究以青海湖东北岸地区的草甸化草原植物群落为研究对象, 应用物种多样性分析方法, 探讨青海湖东北岸植物群落的特征, 旨在揭示其物种多样性及其变化规律, 为草甸化草原牧草资源持续利用以及退化草地的植被恢复提供科学依据。

1 研究地区概况与研究方法

1.1 研究区概况

本研究选择在青海省气象局海北牧业气象站进行。该站位于青海省海北州海晏县西海镇金银滩, 地理位置为36°57' N, 100°51' E, 海拔高度3 140 m。其土壤类型主要为山地草甸土、高山草甸土。据海晏县气象站资料, 该地区年平均气温0.5℃, 最冷月1月平均气温为-13.8℃, 最热月7月为11.8℃; 多年平均降水量391.9 mm, 主要集中在5-9月, 占年降水总量的88%; 年日照时数2 912.7 h, 平均无霜期48 d, 日均气温稳定, ≥ 0 ℃积温约1 620℃·d, 属高寒半干旱气候区, 具有典型的大陆性气候特征^[3]。

研究区草地植被类型属草甸化草原, 主要优势

* 收稿日期: 2010-09-15 接受日期: 2011-01-05
基金项目: 中科院西部行动计划项目(KZCX2-XB2-06-01); 国家重点基础研究发展规划项目(2010CB833501)
作者简介: 宋成刚(1986-), 男, 内蒙古临河人, 在读硕士生, 研究方向为草地生态学。E-mail: scg8088@163.com
通信作者: 李英年 E-mail: ynli@nwipb.ac.cn

种为西北针茅(*Stipa krylovii*),常见的伴生草种有矮嵩草(*Kobresia humilis*)、荩草(*Koeleria cristata*)、冷地早熟禾(*Poa crymophila*)、斜茎黄芪(*Astragalus adsurgens*)、猪毛蒿(*Artemisia scoparia*)、扁穗冰草(*Agropyron cristatum*)等。研究点地形及下垫面基本上代表了青海湖东北岸草甸化草原特征。试验地上生物量及草层高度在8月底9月初达到最高,覆盖度约82%^[6]。

1.2 样地设置 2008年8月底以天然草原的主要植物为主体进行植被调查,调查样地植物生长均匀、微地形差异较小。采用样线法,以海北牧业气象站为中心辐射向4个方向,布设东、南、西、北4条样线,分别用a、b、c、d来表示。样线长度均超过100m,每样线取10个样方,每样方面积为50cm×50cm,共取样方40个。

1.3 群落调查及数据分析 在植物地上生物量达最大时的8月底至9月初,进行植物群落调查,主要调查内容包括植物群落结构(植物高度、盖度、频度、密度等)、植物种类组成等。采用针刺法,借助钢卷尺和样方框绳上每隔5cm的标记,共计100个5cm×5cm小方格,用带有刻度、粗0.2cm的细杆(杆越细,测的越准确)顺序在样方上下左右间隔5cm的点上垂直插下,如果针与植物相接触即算作1次,记下植物名称,同时记录植物高度,如无接触记为“0”。然后在室内准确鉴定植物标本,统计科属种及其组成,然后进行物种多样性分析。

有关物种多样性的计算方法很多,本研究在计算每种植物的重要值的基础上,运用Excel进行数据的初步处理,同时采用Origin 8.0软件制图及SPSS 16.0统计分析软件进行统计分析,通过单因素方差分析(One-way ANOVA)比较4条样线间的多样性指数变化。其计算方法以下:

物种重要值^[11]: $IV = (RC + RF + RD) \times 100/3$ 。

丰富度指数^[12]: $R_1 = S$; $R_2 = (S - 1) / \ln N$ 。

综合多样性指数^[13]:

Simpson多样性指数: $D = 1 / \sum P_i^2$; $P_i = N_i / N$ 。

Shannon-Wiener指数: $H = - \sum P_i \cdot \ln P_i$ 。

均匀度指数^[14]: $E_1 = H / \ln S$; $E_2 = (e^H - 1) / (S - 1)$ 。

式中,RC为相对盖度;RF为相对频度;RD为相对密度;S为样线调查的物种数;N为所有种类的个体数目; N_i 为样方中第*i*种植物的重要值; P_i 为第*i*

种物种在群落中所占的比例。

2 结果与分析

2.1 草甸化草原植被种类组成特点 组成草甸化草原类型的植物种类较为单一,以禾本科(Gramineae)、莎草科(Cyperaceae)和菊科(Compositae)植物为主,群落外貌整齐。通过样方调查发现,试验样地共出现种子植物23种,隶属9科,21属。其中,种数最多的科为禾本科,有8种,占总种数的35%;其次为菊科和豆科(Leguminosae),各为3种,分别占总种数的13%;其他为蔷薇科(Rosaceae)、莎草科、玄参科(Scrophulariaceae),各2种,各占总种数的8.7%;伞形科(Umbelliferae)、龙胆科(Gentianaceae)、瑞香科(Thymelaeaceae),各1种,各占总数的4.3%。其中禾本科、菊科和豆科占总种数的61%,蔷薇科、莎草科、玄参科占总种数的26.1%,其他3个科占总种数的12.9%(表1)。将种按照重要值的大小排列,前6位依次为西北针茅(22.2)、矮嵩草(20.7)、冷地早熟禾(11.7)、荩草(10.8)、花苜蓿(*Medicago ruthenica*)(4.9)、苔草(4.7)。

表1 草甸化草原科种组成及所占比例

科名	种数(个)	占总种数的百分比(%)
禾本科	8	35.0
菊科	3	13.0
豆科	3	13.0
蔷薇科	2	8.7
莎草科	2	8.7
玄参科	2	8.7
伞形科	1	4.3
龙胆科	1	4.3
瑞香科	1	4.3
总计	23	100.0

依吴征镒^[15]关于中国种子植物属所划分的15个分布区类型,草甸化草原群落中的植物属可划为其中的5个类型(表2)。其中,世界分布属共5个,黄芪属(*Astragalus*)、苔草属(*Carex*)、龙胆属(*Gentiana*)、早熟禾属(*Poa*)、猪毛菜属(*Salsola*)。所属大部分植物种主要分布于北温带地区,且在形态学上趋向于温旱化结构。北温带共分布11个属,占总属的一半以上,为52.38%,其中有13种植物分布在北温带,占56.52%,是此群落区系的主要成分,基本上决定了此群落区系的北温带性质。含种数较多的北温带属有嵩草属(*Kobresia*)、针茅属(*Stipa*)、冰草属(*Agropyron*)、委陵菜属(*Potentilla*)、

柴胡属(*Bupleurum*)、马先蒿属(*Pedicularis*)等。温带亚洲和东亚分布属各 2 个,占总属的 9.52%,分别是亚菊属(*Ajania*)、狼毒属(*Stellera*)和狗哇花属(*Heteropappus*)、肉果草属(*Lancea*)。旧世界温带仅有 1 属,为苜蓿属(*Medicago*),所占比例最低。

表 2 草甸化草原群落种子植物属的分布区类型

分布类型	属数	百分比(%)
世界分布	5	23.82
北温带	11	52.38
旧世界温带	1	4.76
温带亚洲	2	9.52
东亚	2	9.52
合计	21	100.00

2.2 群落结构分析 草甸化草原是由耐低温的旱中生多年生地面芽和地下芽植物组成的植被类型,或在典型高寒草甸植被中大量混生有旱生多年生草本植物的草甸植物类型,是过渡于草原和草甸的中间类型^[1]。其种类组成比较单一,生长密集,覆盖度较大,植被中含有多种旱生禾草或杂草类。在研究区内,主要建群种是由西北针茅和矮蒿草等为优势种组成的草甸化草原。其群落垂直结构不甚明显,大体分为 3 层。第 1 层以西北针茅、扁穗冰草和冷地早熟禾为主,高度一般为 8~20 cm,有些最高可达 35 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 5~7 cm,且花穗发育不全。构成群落第 2 层的主要植物为矮蒿草、荩草等,高度一般为 4~7 cm。第 3 层一般为一些较为低矮的杂草类植物,如雪白委陵菜(*P. nivea*)、二裂委陵菜(*P. bifurca*)等垫状植物,其高度一般为 1~3 cm。群落总盖度为 75%~90%。

2.3 草甸化草原群落的生活型 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^[1]。对于生活型的分类有许多不同的划分方法。由于草甸化草原属于温性草原,组成群落的所有植物均为草本植物,故本研究采用了 Fensham 和 Skull^[16]对植物生活型的划分方法,将其划分为一年生禾草类、多年生禾草类、一年生非禾草类和多年生非禾草类等 4 种生活型。

该试验样地中没有出现一年生禾草类植物,多

年生非禾草类植物在各个样线所占比例最大;其次是多年生禾草类植物(图 1)。通过单因素方差分析,4 条样线的生活型差异不显著($P>0.05$)。总体而言,草甸化草原植物生活型分布较为均匀,主要表现为一年生禾草稀少,多年生植物占绝对优势,尤其是多年生非禾草类植物是群落的主要生活型,共 13 种,占总数的 56.5%。一年生非禾草类植物仅有鳞叶龙胆(*Gentiana squarrosa*)、猪毛蒿,占较小比例,多年生禾草类所占比例较高,占总数的 34.8%,这与淮虎银等^[17]的研究结果基本一致。多年生非禾草类植物和多年生禾草类植物占总种数的比例高,反映了多年生植物对草甸化草原的生态环境具有良好适应性。

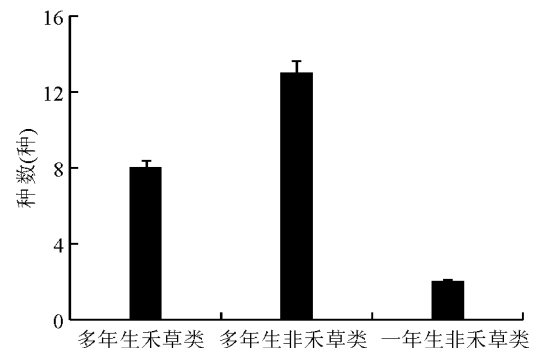


图 1 草甸化草原群落生活型谱

2.4 草甸化草原群落多样性分析 由于样地植物生长均匀、微地形差异较小,其多样性指数没有发生剧烈的变化,但草甸化草原 4 条样线的物种丰富度指数、物种多样性指数及均匀度指数之间存在一定的差异(表 3)。就其丰富度指数而言,a、b、c 三样线基本一致,d 样线较小,主要原因可能是 d 样线位于牧业气象站围栏边缘,是牲畜过道,踩踏和啃食较为严重,属于过度放牧,从而导致物种丰富度指数相对较少。

从物种多样性指数来看,Simpson 指数由样线 a 到样线 d 呈现出先增大后减小的趋势,在样线 c 时达到最大,为 5.16,样线 a 最小,为 3.88,两者相差 1.28。c 样线 Simpson 值大于其他 3 个样线,说明 c 样线的物种分布比较均匀。Shannon-Wiener 指数所呈现的规律和 Simpson 指数较为一致,c 样线最大,为 1.85。a 样线最小,为 1.57,两者相差 0.28,说明 c 样线的复杂程度较高。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,反

表3 草甸化草原4条样线的多样性指数变化

样线	R ₁	R ₂	H	D	E ₁	E ₂
a	17	1.96±0.16a	1.57±0.14a	3.88±0.65a	0.69±0.04a	0.45±0.06a
b	19	2.02±0.22a	1.78±0.09a	4.86±0.42a	0.78±0.02a	0.56±0.03a
c	18	2.22±0.07a	1.85±0.09a	5.16±0.47a	0.78±0.03a	0.56±0.04a
d	15	1.80±0.08a	1.62±0.10a	3.98±0.53a	0.73±0.03a	0.50±0.04a
平均	17	2.00±0.08	1.71±0.06	4.47±0.27	0.75±0.02	0.52±0.02

注:表中数据为平均值±标准误。同一列中相同字母表示样线间差异不显著($P>0.05$)。

映种属组成的均匀程度^[18]。4条样线中均匀度指数E₁、E₂变化趋势一致,均匀度指数E₁在样线中的排列大小顺序为c>b>d>a(表3)。结果表明,丰富度和均匀度高的样线,其多样性就高。

通过对4条样线上生物多样性指数进行单因素方差分析,其差异不显著($P>0.05$)。因此,对4条样线各生物多样性指数进行平均(表3),其中,丰富度指数、Shannon-Wiener指数、Simpson指数均匀度指数分别为2.00、1.71、4.47、0.75和0.52,这与周国英等^[10]在青海湖北岸计算的数值基本一致。总体而言,生物多样性指数都表现了基本一致的趋势,主要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]。同时也说明该研究区的生物多样性较为稳定。

3 讨论

生物多样性与稳定性之间的关系一直是科学家争论的焦点,许多科学家仍一直认为多样性产生稳定性。如,Elton^[20]认为简单的群落比物种丰富的群落更容易受到干扰,种群更容易受到破坏,更容易受到其他种的入侵,使其稳定性变差。Tilman等^[21]根据147个草地实验区的重复试验得出,生物多样性对生态系统稳定性有积极影响。当然,生物多样性本身不是一个独立变量,其维持受到多种因素的影响^[22],如与气候条件、外界干扰和养分供给等多种因素有关。例如,黎明^[23]讨论青海湖北岸山地干草原4种不同群落类型多样性时指出,不同群落类型其生境条件差异导致了物种多样性的形成,从而也决定了多样性指数和均匀度指数值的大小。祝存冠等^[24]通过对青海湖区河谷灌丛草地植被群落多样性研究时发现,青海湖地区河谷灌丛草地植物群落的多样性主要为物种丰富度所推动,物种均匀度起一定的辅助作用,生态优势度受物种丰富度的影响不大。本研究分析对青海湖东北岸草甸化草原植物群落特征及多样性时发现,其丰富度指数和

物种多样性指数表现出基本一致的变化趋势,可能因为试验地植被生长均匀、微地形差异较小。因此群落植物多样性指数的大小主要受立地生境和人为活动的综合影响,与周国英等^[10]对青海湖地区芨芨草群落多样性研究结果基本一致。

不同的植物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态生物学特性。换言之,具有不同功能作用的不同植物及其个体相对多度的差异是形成不同群落的基础^[25]。而物种组成又是决定群落性质、结构和功能的重要指标,物种多样性的变化对植被群落的组成和结构具有综合指标意义^[26]。由于研究区内群落的组成成分单一,植物种类比较贫乏,物种一旦遭到破坏,则难以恢复。因此,对于草甸化草原要合理利用,防止过度放牧和开垦,大力制止当地群众在草原乱挖药材活动,从而避免采挖所造成的局部植被退化。而对已退化草地实行围栏封育、灭鼠、补播等恢复措施,增加植被覆盖,加速群落的恢复与重建^[17]。

参考文献

- [1] 周兴民,王质彬,杜庆. 青海植被[M]. 西宁:青海人民出版社,1987.
- [2] 中国科学院兰州分院. 青海湖近代环境的演化和预测[M]. 北京:科学出版社,1994.
- [3] 中国科学院兰州地质研究所. 青海湖综合考察报告[M]. 北京:科学出版社,1979.
- [4] 宋春晖,方小敏,师永民,等. 青海湖西岸风成沙丘特征及成因[J]. 中国沙漠,2000,12(4):443-446.
- [5] 尚永成. 环青海湖地区草地生态环境现状及治理对策[J]. 四川草原,2006,6:27-28.
- [6] 朱宝文,周华坤,徐有绪,等. 青海湖北岸草甸草原牧草生物量季节动态研究[J]. 草业科学,2008,25(12):62-66.
- [7] 李凤霞,颜亮东. 青海环湖地区天然牧草群体生长动态数值模拟[J]. 草业科学,1997,14(2):44-46.

- [8] 刘庆,周立华. 青海湖北岸植物群落的数量分类[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),1993,18(4):485-492.
- [9] 乔有明,王振群,段中华. 青海湖北岸土地利用方式对土壤碳氮含量的影响[J]. 草业学报,2009,18(6):105-112.
- [10] 周国英,陈桂琛,赵以莲,等. 青海湖地区芨芨草群落特征及其物种多样性研究[J]. 西北植物学报,2003,23(11):1956-1962.
- [11] 孙儒泳主编. 基础生态学[M]. 北京:高等教育出版社,2002:136-136.
- [12] Margalef R. Perspectives in Ecological Theory[M]. Chicago:University of Chicago Press,1968.
- [13] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海:华东师范大学出版社,2001:50-51.
- [14] Peet R E. The measurement of species diversity[M]. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 1974, 5: 285-307.
- [15] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型[J]. 云南植物研究,1991(增刊 IV):1-139.
- [16] Fensham R J, Skull S D. Before cattle: a comparative floristic study of *Eucalyptus savanna* grazed by macropods and cattle in north Queensland, Australia[J]. Biotropica,1999,31(1):37-47.
- [17] 淮虎银,魏万红,张镜铨. 青藏铁路沿线温性草原区芨芨草(*Achnatherum splendens*)群落特征[J]. 生态学报,2007,27(2):497-503.
- [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] 黄忠良,孔国辉,何道泉. 鼎湖山植物群落多样性的研究[J]. 生态学报,2000,20(2):193-198.
- [20] Elton C S. The Ecology of Invasions by Animals and Plants[M]. London:Methuen and Co. Ltd. ,1958.
- [21] Tilman D, Wedin D, Knops J. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems [J]. Nature,1997,379:718-720.
- [22] 张大勇. 理论生态学研究[M]. 北京:高等教育出版社,2000:151-200.
- [23] 黎明. 青海湖北岸山地干草原植物群落多样性分析[J]. 草业科学,2010,27(1):20-24.
- [24] 祝存冠,陈桂琛,周国英,等. 青海湖区河谷灌丛草地植被群落多样性研究[J]. 草业科学,2007,24(3):31-35.
- [25] 李迪强,蒋志刚,王祖望. 青海湖区生物多样性的物种特征及 GAP 分析[J]. 自然资源学报,1999,14(1):47-53.
- [26] 王伯荪. 植物群落学[M]. 北京:高等教育出版社,1987:44,55,90,120.

Community characteristics and plant species diversity of meadow grassland in the northeast of Qinghai Lake

SONG Cheng-gang^{1,3}, ZHANG Fa-wei¹, LIU Ji-hong²,
SUN Jian-wen^{1,3}, WANG Jian-lei^{1,3}, LI Ying-nian^{1,4}

(1. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Qinghai Xining 810001, China;

2. Husbandry Meteorology Station of Haibei, Qinghai Xihai 810200, China;

3. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

4. Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biota, Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Qinghai Xining 810001, China)

Abstract: A field survey was conducted to investigate the community characteristics and plant species diversity of meadow grassland in the northeast of Qinghai Lake during 2008. This study showed that 29 plant species were identified in the plot, which belongs to 9 families and 21 genera, indicating that species composition of meadow grassland was simple. The dominant species was *Stipa krylovii* and the subdominant species were *Kobresia humilis* and *Poa crymophila*. The genus of the north temperate was absolutely dominant, and the life form of plant in the meadow grassland was mainly perennial plant. The vertical structure of the meadow grassland community was unapparent. The richness index (R), Shannon-Wiener index (H), Simpson index (D) and evenness index (E_1 , E_2) showed a similar changeable trend without great differences.

Key words: northeast of Qinghai Lake; meadow grassland; community characteristic; species diversity