

中温型草原和暖温型草原大针茅+羊草群落结构特征的比较

贾志斌¹, 杨 持^{1*}, 洪 洋², 韩向红³

(1. 内蒙古大学生态与环境科学系, 呼和浩特 010021; 2. 内蒙古呼伦贝尔盟环境监测中心站, 海拉尔 021008; 3. 内蒙古满洲里市环境保护监测站, 满洲里 021400)

摘要:运用植被水平地带性原理在南北样带(NSCT)草原生物群区中温型草原和暖温型草原内的典型草原地带各选择一个研究站点,于 1999~2000 年 5~9 月份对大针茅+羊草群落的数量结构、 α 多样性、生活型功能群组成、地上生产结构、 C_3 和 C_4 植物组成及群落生长动态特征进行了比较研究。结果表明:暖温型草原群落高度(h)、生态优势度(C)、 C_4 植物比例(%)和单位叶速率(ULR)较高,生长动态曲线呈双峰型且第 1 峰大于第 2 峰;中温型草原物种丰富度(R)、群落密度(d)、物种多样性(H')、群落均匀度(E)、 F/C 值、叶面积指数(LAI)、叶面积持续时间(LAD)和干物质生产能力(P)较高,生长动态曲线呈单峰型,初期生长较快。虽然两站点年平均降水量相近,但温度、热量差异较大,年蒸发力不同,并影响到天然降水及土壤水分、养分供给的有效性,可能是导致其群落结构与生长动态差异的主要原因。

关键词:群落结构;群体生长分析;比较研究

A Comparative Study on Structure Characteristics of Community of *Stipa grandis* + *Leymus chinensis* in Moderate-temperate Steppe and Warm-temperate Steppe

JIA Zhi-Bin¹, YANG Chi^{1*}, HONG Yang², HAN Xiang-Hong³ (1. *Departement of Ecology and Environment Science, Inner Mongolia University, Huhhot 010021, China*; 2. *Central Station of Environmental Monitoring, Hulunbare League, Hailaer 021008, China*; 3. *Station of Environmental Protection, Manzhouli 021400, China*). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(10): 1774~1780.

Abstract: Applying the principle of horizontal zone of vegetation, a research station has been chosen respectively in the typical steppe zone lied the core part of Moderate-temperate Steppe and Warm-temperate Steppe in the Steppe Biome located in the North and South Transect of China (NSCT). A comparative study has been carried out concerning the numerical structure, α -diversity, composition of plant groups of life form, leaf layer structure above ground, proportion of C_3 and C_4 , and growth dynamic characteristics of the community of ASS. *Stipa grandis* + *Leymus chinensis* in the two stations from May to September during 1999~2000. The findings demonstrated that there are higher community height (h), ecological dominance (C), C_4 plant proportion (%) and unit leaf area rate (ULR) of the community in the Warm-temperate Steppe, and its growth dynamic curve shows the pattern of two peak value, and first peak value bigger than second one; while there are higher species richness (R), community density (d), species diversity (H'), community evenness (E), value of F/C , leaf area index (LAI), leaf area duration (LAD) and productivity of dry matter (P) of the community in the Moderate-temperate Steppe, and its growth dynamic curve shows the pattern of single peak value, increasing faster at initial stage of the growth seasons. Although the average precipitation is very close in the two stations, the bigger difference in temperature and thermal condition make their evaporation come into being great disparity, affecting the

基金项目:国家重点基础研究发展规划资助项目(G2000048704);国家自然科学基金重大基金资助项目(398993770)

收稿日期:2001-02-22; **修订日期:**2001-12-25

作者简介:贾志斌,男,博士,副研究员。主要从事草原生态学研究。

* **通讯联系人** Author for correspondence, E-mail: yangchi@mail.imu.edu.cn

effective supply from natural precipitation and water and nutrient of soil, seemed to be the chief cause result in the differences in the structure and growth of the communities. The findings can provide the basis for prediction of influences on the steppe ecosystem by global change in future.

Key words: community structure; growth analyses of crops; comparative study

文章编号:1000-0933(2002)10-1774-07 中图分类号:Q948.1,S283 文献标识码:A

“中国东部陆地农业生态系统与全球变化相互作用机理研究”(南北样带, NSCT)是以我国东部陆地从南向北完整独特的纬向植被地带系列为观测平台, 研究以温度为主要驱动因素, 不同水热组合对该样带内一系列农田、草原和森林站点群落结构与功能影响及其响应机理的又一条陆地样带。我国东部温带草原作为该样带内的五大生物群区之一, 首先依热量状况的不同以阴山山脉为界划分为中温型草原和暖温型草原, 并在其内部主要依水分状况的不同又区分为草甸草原、典型草原和荒漠草原^[1], 从而为研究不同温度条件及其水热组合对草原生态系统的影响提供了研究基地。为此, 该样带分别在中温型草原和暖温型草原的典型草原地带, 即 50°N 附近的呼伦贝尔高原东部呼诺尔环境监测区和 40°N 附近的鄂尔多斯高原东部皇甫川流域各设立一个观测站点^[2], 试图通过大针茅(*Stipa grandis*) + 羊草(*Leymus chinensis*)群落结构与生长的比较研究, 为预测在未来全球气温升高和水热组合变化条件下我国温带草原植被地带位移和群落结构变化提供资料。

1 研究区概况

皇甫川流域水土保持试验区位于 39°47′06″N 和 111°12′39″E, 海拔高度 1224m, 年平均气温 7.4℃, 1 月平均气温 -11.6℃, 7 月平均气温 23.1℃, 极端最低气温 -30.9℃, 极端最高气温 38.1℃, ≥10℃ 的年平均积温 3153.7℃, 年平均降水量 389.6mm, 年平均蒸发量 2106.7 mm, 湿润度 0.35, 土壤为栗钙土, 在试验区内有治理后恢复起来并稳定生长的大针茅+羊草群落; 呼诺尔环境监测区位于 49°24′40″N 和 118°48′10″E, 海拔高度 672m, 年平均气温 -2.6℃, 1 月平均气温 -28.4℃, 7 月平均气温 19.6℃, 极端最低气温 -48.0℃, 极端最高气温 36.4℃, ≥10℃ 的年平均积温 1923.6℃, 年平均降水量 322.5mm, 年平均蒸发量 1362.6 mm, 湿润度 0.49, 土壤为淡黑钙土。

2 研究方法

在两个草原站点大针茅+羊草群落典型地段分别设置一块 100×100m² 的样地, 于 1999~2000 年 5~9 月份每月中旬在样地内随机布设 5 个 1 m² 样方, 记载植物名称、生长状况和物候相, 测量各物种营养枝和生殖枝高度及株丛密度, 齐地面分种剪下后 80℃ 烘干称重; 同时设置一个分层样方, 齐地面分种剪下后带回室内, 将基部齐平后, 每隔 10cm 切出一层, 将各层各物种枝、叶和花果分别包装后 80℃ 烘干称重。

群落 α 多样性计算选用了下述 4 项指标:

- ①群落物种丰富度(*R*)以各期各样方内物种数的平均值表示;
- ②群落优势度(*C*)用 Simpson 指数表示: $C = \sum (p_i/p)^2$;
- ③物种多样性以 Shannon-Wiener 指数(*H'*)表示: $H' = - \sum (\ln p_i)$;
- ④物种均匀度以 Alatalo 均匀度指数(*E*₂₁)表示: $E_{21} = \frac{(\sum p_i^2)^{-1} - 1}{\exp(- \sum p_i \ln p_i) - 1}$ 。

由于草原群落植株的计数方法因种而异, 密度指标缺乏可比性, 本研究以群落中的第 *i* 个物种的相对干重值代替(*p_i*), 群落总干重设为 *p*。

根据大针茅+羊草群落中植物的生活型(life form)将其划分为 6 个生活型功能群(plant groups of life forms)^[3]: ①多年生禾草(perennial grass); ②1 年生禾草(therophyte grass); ③多年生杂类草(perennial herbs); ④1 年、2 年生草本(annual and binnial herbs); ⑤豆科植物(Leguminous herbs); ⑥半灌木(harf-shrub)。各功能群所占比例用其干重占群落总干重的百分比表示。豆科植物也应属多年生杂类草, 但在皇甫川流域治理中属于引种成分, 故单独列出以比较其群落学作用。

两站点群落的生长动态特征用下面 7 个生长分析指标进行比较^[4]:

① 群落干重净增量 (Community' dry weight net increment, 以 Δw 表示, (g/m²)):

$$\Delta w = w_2 - w_1$$

Δw 为群落样方干重两期测定平均值的差值, w_1 、 w_2 分别为先后两期群落样方干重测定平均值。

② 群落绝对生长速率 (Community' absolute growth rate, CAGR, (g/(m² · d)):

$$CAGR = \frac{1}{p} \times \frac{dw}{dt} \text{ 或 } \frac{w_2 - w_1}{t_2 - t_1}$$

p 为样地面积, 此处为 1m²; t_1 、 t_2 为先后两期测定的具体日期, $t_2 - t_1$ 为两期测定的间隔时间 (d)。

③ 群落相对生长速率 (Community' relative growth rate, CRGR, (g/(g · d)):

$$CRGR = \frac{1}{w} \times \frac{1}{p} \times \frac{dw}{dt} \text{ 或 } \frac{\ln w_2 - \ln w_1}{t_2 - t_1}$$

④ 叶面积指数 (Leaf area index, LAI, (m²)):

$$LAI = L / p$$

L 为群落内各植物种叶片面积总和。

⑤ 单位叶速率 (Unit leaf rate, ULR, (g/(cm² · d)):

$$ULR = \frac{1}{L} \times \frac{dw}{dt} \text{ 或 } \frac{w_2 - w_1}{t_2 - t_1} \times \frac{\ln L_2 - \ln L_1}{L_2 - L_1}$$

又称净同化速率 (net assimilation rate, NAR), 表示每单位叶片面积每天增加的群落干物质质量。

⑥ 叶面积持续时间 (Leaf area duration, LAD, (m² · d)):

$$LAD = \frac{(L_1 + L_2) \times (t_2 - t_1)}{2}$$

用 LAI 对时间 t 做图表示群落生长期内的多叶性, 表征群落同化作用的机会。

⑦ 生物量持续时间 (Biomass duration, BMD, (g · d)):

$$BMD = \frac{(w_1 + w_2) \times (t_2 - t_1)}{2}$$

3 研究结果

3.1 群落数量结构比较

比较两个草原站点大针茅+羊草群落高度、密度和干物质生产力可以看出: 暖温型草原营养枝高度和生殖枝高度均大于中温型草原, 但其群落密度和干物质生产力则低于中温型草原 (表 1)。暖温型大针茅+羊草群落营养枝与生殖枝高度分别为中温型草原的 1.33~1.42 倍和 1.04~1.66 倍, 但其株丛密度却仅为 22.06%~24.97%, 干物质生产力也只有中温型草原 75.85%~80.90%。反映出暖温型草原植株高大稀疏但生产力偏低和中温型草原植株矮小密集但生产力较高的群落数量特征。

表 1 两个草原站点大针茅+羊草群落数量结构比较 (1999~2000)

Table 1 Contrast on quantitative structure of Ass. <i>Stipa grandis</i> + <i>Leymus chinensis</i> in two steppe stations				1999 Year				2000 Year		
指标 Index				6 月 June	7 月 July	8 月 Aug.	9 月 Sept.	6 月 June	7 月 July	8 月 Aug.
营养枝高度 (cm) Height of trophic branch	H	28.2	35.2	32.8	38.2	29.6	34.4	33.4		
	W	43.6	50.2	54.2	47.6	37.6	44.0	50.3		
生殖枝高度 (cm) Height of reproductuve branch	H	40.4	68.0	57.8	62.2	31.4	46.6	49.0		
	W	62.4	71.0	69.2	59.6	52.6	52.2	64.6		
株丛密度 (株丛/m ²) Density of thicket	H	753	523	572	443	417	417	444		
	W	157	167	188	140	128	92	130		
群落干重 (g/m ²) Dry weight of community	H	69.85	120.53	123.75	113.92	63.55	91.95	64.13		
	W	52.05	73.76	80.03	97.51	48.20	55.60	70.08		

H: 呼伦贝尔盟草原东部呼和诺尔环境监测点 Huhnorl Environmental Monitoring Sample; W: 鄂尔多斯高原东部皇甫川流域水土保持试验站 Experimental Station of Water and Soil Conservation of Huangpuchuan Station Located in Eastern Hulunbare Platean Basin of Eastern Part of Erdos Plateau; 下同 The same below

3.2 群落α多样性比较

α多样性是关于群落结构与功能复杂性的度量。以群落内各种群重要值(相对干重)为基础的生态优势度(*C*)、物种多样性(*H'*)和群落均匀度(*E*)等α多样性指标可以提供各物种群落学地位和作用分化、差异等方面的重要信息,并在一定程度上显示植物群落的资源利用格局。从表2可以看出:中温型草原大针茅+羊草群落在物种丰富度、物种多样性和群落均匀度方面均高于暖温型草原,但其生态优势度却低于暖温型草原。说明暖温型草原大针茅+羊草群落内植物种群数量结构较为简单,单优物种占有较多群落资源,而中温型草原群落内种群数量结构较为复杂,多优物种共享群落资源的群落结构特征。

表2 两个草原站点大针茅+羊草群落α-多样性比较(1999~2000)

指标 Index			1999 Year				2000 Year		
			6月	7月	8月	9月	6月	7月	8月
			June	July	Aug.	Sept.	June	July	Aug.
物种丰度(种/m ²)Species richness	H		18.2	13.6	15.2	14.6	15.4	13.8	13.8
	W		11.0	11.2	12.4	11.4	9.4	9.8	10.8
生态优势度(<i>C</i>)Ecological dominance	H		0.2350	0.2392	0.2217	0.2821	0.1983	0.3096	0.2118
	W		0.3039	0.3034	0.3926	0.4523	0.4021	0.3349	0.2835
物种多样性(<i>H'</i>)Species diversity	H		1.7391	1.7480	1.8456	1.5768	1.9791	1.5640	1.8526
	W		1.6715	1.6589	1.4390	1.3258	1.2234	1.4877	1.6052
均匀度指数(<i>E</i>)Evenness index	H		0.7141	0.7163	0.6983	0.6980	0.6748	0.6447	0.6740
	W		0.5696	0.5650	0.4927	0.4516	0.6488	0.6026	0.6052

3.3 生活型功能群比较

两站点大针茅+羊草群落生活型功能群组成的共同特点是:多年生禾草占绝对优势,1年、2年生禾草与1年、2年生草本极少;其不同点是,中温型草原多年生禾草与多年生草本比例明显高于暖温型草原,杂类草较为丰富;而暖温型草原则显示出贫杂类草的特征,但其喜暖耐旱的半灌木成分比例较高,草原的灌丛化特征更为明显(表3)。

表3 两个草原站点植物生活型功能群构成比较(1999~2000)

植物生活型功能群 Plant functional groups of life form			1999 Year				2000 Year		
			6月	7月	8月	9月	6月	7月	8月
			June	July	Aug.	Sept.	June	July	Aug.
1	H		83.26	77.47	81.22	80.68	67.32	80.79	85.07
	W		68.59	76.30	70.03	60.85	68.94	63.53	61.70
2	H		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	W		0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0/00	0.00
3	H		15.02	20.60	15.95	16.48	25.72	15.09	11.62
	W		6.09	8.65	6.68	20.19	3.12	0.94	0.44
4	H		0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.06	0.00
	W		4.66	0.00	0.49	4.67	0.00	8.63	2.55
5	H		0.32	0.52	1.23	0.68	0.40	0.63	0/81
	W		11.6	6.93	10.16	6.77	18.62	12.64	17.71
6	H		1.41	1.40	1.54	1.93	6.28	2.52	2.52
	W		9.05	8.12	12.65	7.51	9.32	14.26	16.22

1. 多年生禾草 Perennial grass; 2. 1年生禾草 Therophyte grass; 3. 多年生草本 Perennial herbs; 4. 1年、2年生草本 Annual and binnial herbs; 5. 豆科多年生草本 Leguminous herbs; 6. 半灌木 Harf-shrub

3.4 同化器官分层分布及*F/C*值比较

两站点大针茅+羊草群落均呈现出明显的下繁结构(表4)。但由于植株高度的差异,暖温型草原大针茅+羊草群落同化器官分层分布特征与黄土高原核心区的草本群落更为相近^[5~7],其叶层可以分布到较高层次;而中温型草原站点大针茅+羊草群落的叶层分布则与内蒙古中部典型草原极为相似^[8],下繁特征更

为明显。

表 4 两个草原站点同化器官(叶片)分层分布(%)及 F/C 值

Table 4 Leaves layers distribution and their F/C value in two wteppe stations

叶片分层高度(cm)		1999 Year				2000 Year		
Heihtg of leav layers		6 月 June	7 月 July	8 月 Aug.	9 月 Sept.	6 月 June	7 月 July	8 月 Aug.
0~10	H	72.86	52.01	38.19	33.83	56.12	68.39	55.66
	W	59.46	46.17	35.69	44.76	48.22	55.99	20.70
10~20	H	26.14	39.90	45.15	46.75	37.21	26.64	36.49
	W	29.79	37.31	39.15	35.66	42.15	35.26	34.82
20~30	H	0.93	7.80	14.91	16.50	6.32	4.63	7.61
	W	8.20	12.26	17.24	15.87	8.94	6.12	24.16
30~40	H	0.01	0.03	1.62	2.40	0.32	0.03	0.24
	W	2.38	3.48	6.37	2.99	0.62	2.19	13.32
40~50	H	—	0.02	0.09	0.35	—	0.04	—
	W	0.17	0.40	1.46	0.65	0.06	0.39	4.80
50~60	H	—	0.01	0.04	0.02	—	0.01	—
	W	—	0.38	0.09	0.08	—	0.09	1.39
60~70	H	—	—	—	0.10	—	—	—
	W	—	—	—	—	—	—	0.58
70~80	H	—	—	—	0.01	—	—	—
	W	—	—	—	—	—	—	0.42
F/C	H	1.69	1.13	1.54	1.67	3.40	3.52	3.23
	W	1.83	0.85	1.57	1.39	3.20	2.21	0.95

群落同化器官生物量(F)与非同化器官生物量(C)的比值往往作为群落光合生产的重要特征,表征净生产量(ΔPN)与总生产量(ΔP_g)之间的关系并衡量光合产物的生产效率。中温型草原和暖温型草原 F/C 平均值分别为 2.31 和 1.71,在雨丰年或平水年二者较为相近,但在干旱年份,中温型草原 F/C 值随干旱程度加剧而成倍增长并明显高于暖温型草原(表 4),可能在一定程度上反映了中温型草原植被通过增加同化器官生物量来抵御干旱的适应性特征,其机理有待进一步研究。

3.5 C_3 和 C_4 植物组成比较

大量研究表明,温度是决定 C_3 、 C_4 植物分布及其组成比例的主要因子^[9,10]。中温型草原大针茅+羊草群落中 C_4 植物仅有 5 种,而 C_3 植物则有 112 种, $C_3:C_4=22.4:1$, C_3 植物占 95.73%,而 C_4 植物仅占 4.27%;但在暖温型草原, C_4 植物有 22 种, C_3 植物有 179 种。 $C_3:C_4=8.14:1$, C_3 植物占 88.06%, C_4 植物占 10.94%,是中温型草原 C_4 植物比例的 2.56 倍。

3.6 植物群落生长动态比较

比较两站点大针茅+羊草群落 ΔW 、 $CAGR$ 和 $CRGR$ 可以看出,中温型草原群落初始生长速率较快,随后逐月下降,生长动态曲线均呈明显的单峰型;而暖温型草原生长动态曲线则呈明显的双峰型,初始生长较快,中间下降或停滞,后期又出现第 2 次生长高峰,但其生长速率低于第 1 次生长高峰(表 5)。暖温型草原大针茅+羊草群落的 ULR 一般高于中温型草原(表 5),但中温型草原 LAI 和值 LAD 明显高于暖温型草原,约为其 3.65~6.87 倍和 4.04~7.07 倍,说明中温型草原具有更为优良的多叶性能和更多的光合作用机会,故其 BMD 仍高于暖温型草原,约为其 1.32~2.39 倍(表 5)。

由此可见,两个草原站点大针茅+羊草群落结构和生长显示出较为明显的差别:暖温型草原群落高度(h)、生态优势度(C)和单位叶速率(ULR)较高,生长动态曲线呈双峰型且第 1 峰大于第 2 峰;中温型草原物种丰富度(R)、群落密度(d)、物种多样性(H')、群落均匀度(E)、叶面积指数(LAI)、叶面积持续时间(LAD)和干物质生产能力(P)较高,生长动态曲线呈单峰型,初期生长速率较大。

4 讨论

4.1 植被地带的分异是漫长自然历史的产物,依存于纬向地带性所反映的热量条件和经向地带性所反映的降水条件,并对群落的结构与生长产生重要影响。中温型草原站点年平均降水量比暖温型草原少 79.1mm,但其年平均气温比暖温型草原低 10℃,≥10℃ 的年平均积温少 1230.1℃,热量条件的不足使其

表 5 两个草原站点主要植物群落生长动态比较

Table 5 Growth dynamics comparison of main communities in two steppe stations

指标 Index		1999 Year				2000 Year		
		5~6 月	6~7 月	7~8 月	8~9 月	5~6 月	6~7 月	7~8 月
		May~June	June~July	July~Aug.	Aug~Sept.	May~June	June~July	July~Aug.
ΔW	H	47.33	50.86	3.22	—9.83	43.09	31.33	—27.82
	W	29.33	21.71	9.27	14.48	31.87	7.40	14.49
CAGR	H	1.527	1.877	0.140	—0.273	1.908	1.044	—0.927
	W	1.833	0.749	0.211	0.402	0.759	0.264	0.345
CRGR	H	0.0707	0.0202	0.0011	—0.0023	0.0560	0.0139	—0.0092
	W	0.0267	0.0120	0.0027	0.0060	0.0258	0.0051	0.0055
LAI	H	0.6335	1.2860	1.6385	1.6420	0.8287	3.9064	2.0197
	W	0.1736	0.3570	0.3863	0.4067	0.2225	0.3734	0.5684
ULA	H	0.5340	0.2980	0.0171	—0.0333	0.4928	0.4530	—0.7259
	W	2.3950	0.4770	0.1093	0.1978	0.7023	0.1440	0.1229
LAD	H	9.8196	19.2990	24.5775	24.6300	9.5300	28.3005	30.2955
	W	1.3888	4.7355	5.7945	6.1005	4.6724	5.6010	8.5260
BMD	H	1432	2856	3664	3565	880	2289	2341
	W	598	1887	2352	2708	1355	1557	1885

年蒸发量比暖温型草原少 744.1 mm,湿润度则明显高于暖温型草原,即可被植物利用的有效水分较多,因而表现出群落密度较大,生产力较高,杂类草较为丰富和生物多样性较高的群落学特征。然而,中温型草原生长季较为短促,≥5℃的初、终日(5月6日和9月23日)比暖温型草原(4月5日和10月26日)分别各少1个月,且生长季内光合适温相对偏低,故其群落的ULR值较低,因而表现出以生长季初期的快速生长和优良的多叶性能来提高其干物质生产水平以适应低温的不利影响;暖温型草原在其生长季内不存在温度条件的制约,由于气温较高,水分利用的有效性明显下降,因而表现为群落密度较低,生态优势度较高,适应干旱的半灌木比重上升等群落学特征。虽然群落的ULR值较高,但由于LAI值偏低,群落多叶性能较差,F/C值相对较小,故其干物质生产力仍低于中温型草原。

4.2 土壤条件也是影响植物群落结构与生长的重要因素。与植被地带性分异相似,土壤的地带性分异也是长期自然历史过程的产物。草原土壤的成土过程主要取决于腐殖质积累过程和钙积化过程的相对强度^[11],并对其水分、养分的有效供给产生深远影响。中温型草原站点的低温及水热组合条件使其土壤的生草腐殖质积累过程的作用超过钙积化过程^[11],土层深厚、肥沃,可能是其群落密度和生产力水平较高及形成多优种资源共享格局的一个重要原因。在暖温型草原站点,则两种过程均具有同等地位,或钙积化过程稍强于生草腐殖质聚积过程^[11],土层相对瘠薄,水分、养分有效供给性能较差,可能是导致其群落密度和生产力水平较低及生产力动态曲线剧烈波动的重要原因之一^[12]。

4.3 海拔高度不仅决定着植被、土壤的垂直分布,而且对于植被和土壤的水平分布也具有重要作用,并对群落结构特征产生深远影响。我国东部温带草原北起51°N,南达35°N,南北跨越了16个纬度线。在这一广阔的区域,草原植被的分布高度呈现出随纬度南移而逐步上升的趋势,在一定程度上抵消了由于纬度南移而产生的气温升高,使得这一区域内的水热组合大体保持了温带半湿润到温带半干旱的指标^[1]。因而使得这两个不同热量型的草原站点内的大针茅+羊草群落虽然在群落结构与生长方面存在较大差异,但其生活功能型组成仍以多年生禾草占绝对优势,地上生产结构呈明显的下繁特征,群落生产力季节动态均表现为生长季初期的快速生长。

4.4 研究表明,我国东部温带草原区在未来全球变化中气温将显著升高,但降水量变化不大,从而导致潜在蒸散(PET)明显增加,植物生境更加干燥^[13,14]。低温对中温型草原植物群落结构和生长的制约作用将逐步减弱,而降水波动和水热组合变异的增大,将对植物群落的结构与生长产生重要影响。可以预计,中温型草原群落高度有所增加,群落分层结构也将向上层推移;但群落密度、物种丰富度、物种多样性和群落均匀度将有所下降;C₄植物比例可能有所增加,C₃植物比例可能有所下降;群落ULR将会提高,但LAI会下

降, F/C 值也会明显降低, 使群落的 $CRGR$ 值和干物质生产力下降。虽然土壤的变化常常滞后于植被, 但随气温升高和降水变异幅度的增大, 土壤有机质含量将明显下降^[13], 土壤各月水分均有所减少^[14], 使土壤的生草腐殖质积累过程减弱, 土壤水分、养分的供给有效性降低, 群落结构特征和生长规律进一步趋近于较低纬度的暖温型草原^[15]。通过中温型草原和暖温型草原大针茅+羊草群落结构与生长特征的比较研究, 可以使我国尽早采取有效措施, 最大限度地减少全球变化的不利影响。

参考文献

[1] Wu Z (吴征镒). *Vegetation of China*(in Chinese). Beijing: Science Press, 1980. 505~571.

[2] Yang M H(杨美华), Guo Z D(郭正德), Wang C G(王长根), *et al.* Remote sensing interpretation to the agricultural and animal husbandry climatic types in Inner Mongolia. In: Li B(李博) ed. *Application research of remote sensing on grassland resources survey in Inner Mongolia*(in Chinese). Huhhot: Inner Mongolia University Press, 1987. 46~58.

[3] Bai Y F(白永飞), Chen Z Z(陈佐忠). 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*(in Chinese)(植物生态学报), 2000, **24**(6): 641~647.

[4] Hunt R. *Plant Growth Analysis*. Studies in Biology, No. 96. London: Edward Arnold, 1978.

[5] Zhu Z C(朱志诚), Jia D L(贾东林). A preliminary study on the biomass of *Calamagrostis pseudophragmites* community. *Acta Ecologica Sinica* (in Chinese)(生态学报), 1996, **16**(1): 40~49.

[6] Zhu Z C(朱志诚), Jia D L(贾东林). Preliminary study on the biomass of *Artemisia gmelini* community in the Loess Plateau at North Shanxi Province. *Acta Ecologica Sinica* (in Chinese)(生态学报), 1993, **13**(3): 243~251.

[7] Zhu Z C(朱志诚), Jia D L(贾东林). Preliminary study on the biomass of *Thememeda triandra var. japonica* community in the Loess Plateau at North Shanxi Province. *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese)(生态学报), 1991, **11**(2): 117~123.

[8] Jiang S(姜恕), Qi Q H(戚秋慧), Kong D Z(孔德珍). A comparative study on production of *Leymus chinensis* and *Stipa grandis* steppe communities at Baiinsile Livestock Farm in Inner Mongolia Region. In: Inner Mongolia Grassland Ecosystem Research Station of Chinese Academy (中国科学院内蒙古草原生态系统定位站) ed. *Research on grassland ecosystem*(in Chinese) (No. 1). Beijing: Science Press, 1985. 12~23.

[9] Yin L J(殷立娟), Li M R(李美荣). A study on the geographic distribution and ecology of C4 plants in China I. C4 plant distribution in China and their relation with regional climate condition. *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese) (生态学报), 1997, **17**(4): 350~363.

[10] Tang H P(唐海萍), Liu S R(刘书润), Zhang X S(张新时). The C4 plant in Inner Mongolia and their ecogeographical characteristics. *Acta Botanica Sinica*(in Chinese)(植物学报), 1999, **41**(4): 420~424.

[11] Comprehensive Survey Team in Inner Mongolia and Ningxia of Chinese Academy (中国科学院内蒙古宁夏综合考察队). *Soil Geography of Inner Mongolia Autonomous Region and Western Part of Northeast China*(in Chinese). Beijing: Science Press, 1978. 12~20.

[12] Zhang N(张娜), Liang Y M(梁一民). The effect of arid climate on the structure and above-ground growth of *Bothrichloa ischaemum* community. *Acta Ecologica Sinica* (in Chinese)(生态学报), 2000, **20**(6): 964~970.

[13] Xiao X M(肖向明), Wang Y F(王义凤), Chen Z Z(陈佐忠). Dynamics of primary productivity and soil organic matter of typical steppe in the Xiling River Basin of Inner Mongolia and their response to climate change. *Acta Botanica Sinica*(in Chinese)(植物学报), 1996, **38**(1): 45~52.

[14] Deng H P(邓慧平), Liu H F(刘厚凤). Impacts of global climate changes on the water and heat factors in the Songnen Steppe. *Acta Ecologica Sinica* (in Chinese)(生态学报), 2000, **20**(6): 958~963.

[15] Qi Y(齐晔). The effect of climate change on vegetation at high latitudes of the northern hemisphere: a functional analysis. *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese)(生态学报), 1999, **19**(4): 474~478.