

# 羊草、针茅对高 CO<sub>2</sub> 浓度及土壤干旱的响应

高素华, 郭建平

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

**摘要:** 通过人工模拟试验分析了 CO<sub>2</sub> 浓度升高对羊草、针茅的“施肥效应”。结果表明生物量随 CO<sub>2</sub> 浓度的升高而增加;总生物量分别增加 40.0% 和 45.0%。土壤干旱对羊草、针茅的生长及干物质积累为负效应且随干旱程度的增加负效应增强。轻度干旱时总生物量分别减少 16% 和 30% 左右,严重干旱下降 44% 和 35% 左右。在土壤发生干旱条件下,CO<sub>2</sub> 的“施肥效应”有所减弱,羊草比针茅更为明显。

**关键词:** CO<sub>2</sub> 浓度;土壤干旱;羊草;针茅

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2003)06-0012-03

中图分类号: Q89

## Responses of *Aneurolepidium Chinensis* and *Stipa Baicalensis* to High CO<sub>2</sub> Concentration and Soil Drought

GAO Su-hua, GUO Jian-ping

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract** Using artificial experiment, the “fertilization function” of CO<sub>2</sub> enrichment on *Aneurolepidium chinensis* and *Stipa baicalensis* is analyzed. The results showed that the biomass increased with CO<sub>2</sub> concentration enrichment, and their total biomass increased by 40.0% and 45.0%. The impacts of soil drought on growth and accumulation of dry matter of *Aneurolepidium chinensis* and *Stipa baicalensis* were negative, and these negative impacts were enhanced with drought aggravating. Total biomass decreased by about 16% and 30% under light drought, and decreased by about 44% and 35% under heavy drought. The fertilization effect on the two species weakened under soil drought, and it was more obvious on *Aneurolepidium chinensis* than on *Stipa baicalensis*.

**Keywords** CO<sub>2</sub> concentration; soil drought; *Aneurolepidium chinensis*; *Stipa baicalensis*

羊草草原是欧亚大陆东部温带半湿润、半干旱地区特有的地带性草原植被类型,羊草、针茅是该地区占优势的草种,也是内蒙古东部和东北西部主要的地带性植被之一及主要的割草场和放牧场的牧草,牧草在畜牧业生产中占有重要的位置,其生物量的变化直接影响草食家畜和草食野生动物的兴衰。有关羊草群落结构及生产力、生物量形成规律、种群生态方面已开展过大量研究<sup>[1-7]</sup>,关于针茅的研究也多为针茅生物量形成规律以及放牧对针茅的影响等<sup>[8-12]</sup>。

### 1 试验材料和方法

试验在黑龙江省农业科学院的人工气候室内进行,人工气候室内的温度、湿度和日照均自动控制,人工气候室的结构和性能参见文献<sup>[13]</sup>。CO<sub>2</sub> 浓度采用日本 Fushi 公司生产的 ZSD CO<sub>2</sub> 分析仪监测,并自动控制在一定的误差范围内(约 20 $\mu$ mol/mol)。

试验材料为羊草和贝加尔针茅,分别取自松嫩平

原长岭草原站和内蒙古锡林浩特草原站羊草群落(以下分别简称长岭羊草和锡林浩特羊草、贝加尔针茅以下简称针茅),2000年5月11日在2个草原站带土将羊草和针茅移植到黑龙江省农科院作物栽培所,采用盆栽培养。盆直径33cm,高26cm。2000年6月11日移植于人工气候室内并开始试验,10月中旬试验结束。2001年又用长岭草原站提供的种子于5月11日播种,出苗后在自然条件下生长,6月9日移置到人工气候室,并进行水分处理。6月12日进行CO<sub>2</sub>浓度处理,24h连续通气,至10月16日试验结束。

试验设计 CO<sub>2</sub> 浓度为 650-700 $\mu$ mol/mol,以室外大气 CO<sub>2</sub> 浓度约为 350 $\mu$ mol/mol 为对照。土壤湿度分别为田间持水量的 30%~45%,45%~60% 和 60%~80% (以下简称土壤湿度 30%~45%,45%~60%,60%~80%),分别在 2000 年 7 月 17 日、8 月 15 日、9 月 14 日、10 月 16 日取样观测总生物量以及根、茎、叶生物量,测定重复 3 次。

收稿日期: 2003-07-27 修回日期: 2003-09-06

资助项目: 国家重点基础发展规划项目 (G1999043407)

作者简介: 高素华 (1940-),女(汉族),山东省禹城县人,研究方向为农业气候及农业生态。电话 (010) 68406004

## 2 结果分析

### 2.1 CO<sub>2</sub>浓度升高对羊草、针茅生物量的影响

由表 1和表 2可见,CO<sub>2</sub>浓度升高对羊草和针茅生物量积累均为正效应。羊草生物量随 CO<sub>2</sub>浓度升高而增加(如表 1)长岭羊草当 CO<sub>2</sub>浓度升高 1倍时,总生物量比对照增加 40.9%,根增加 35.1%,茎和叶分别增加 27.5%和 57.7%,根冠比增加 13.8%,叶生物量增加最为明显,对牧业生产十分有利。

表 1 CO<sub>2</sub>浓度升高对羊草生物量的影响

CO <sub>2</sub> 浓度	品种	总量 /g	根量 /g	茎量 /g	叶量 /g	根冠
700	长岭	26.42	9.12	6.81	10.49	0.49
	锡林浩特	42.00	12.53	13.57	15.90	0.41
350	长岭	18.74	6.75	5.34	6.65	0.43
	锡林浩特	26.91	6.32	9.58	11.01	0.32

注:①测定日期为 2000年 9月 14日,土壤水分 60%~80%;

② CO<sub>2</sub>浓度单位为 μmol/mol

表 2 CO<sub>2</sub>浓度对贝加尔针茅的影响 g

CO <sub>2</sub> 浓度	2000年生物量			2001年生物量		
	地上	地下	总量	地上	地下	总量
700	0.24	0.07	0.30	0.31	0.07	0.38
350	0.15	0.06	0.21	0.15	0.05	0.19

注:①土壤湿度 60%~80% ② CO<sub>2</sub>浓度单位为 μmol/mol

锡林浩特羊草的生物量和根冠比也有相同的变化趋势。锡林浩特羊草生物量、根冠比对 CO<sub>2</sub>浓度的响应比长岭羊草更为敏感,生物量除叶以外,其它增加幅度均大于长岭羊草,而且根的增加最为明显,增加了近 1倍,根冠比的增加也比长岭大 1倍,说明 CO<sub>2</sub>浓度的升高对同一种植物不同品种的影响程度存在较大差异。

试验表明,针茅的生物量也随 CO<sub>2</sub>浓度的升高明显增加(表 2)。地上、地下及总生物量均随 CO<sub>2</sub>浓度升高而增加,但变化幅度相差很大。主要是因为 2000年为多年生移栽苗,而 2001年为种子培育的 1a生苗,两者生长状况相差很大。1a生苗生长旺盛,且长势非常好,对 CO<sub>2</sub>浓度更为敏感,多年生苗本身长势就不如 1a生苗,尤其根表现更为明显。2001年的增长率比 2000年高 1倍以上。CO<sub>2</sub>浓度升高没有增加针茅的根冠比。从总生物量来看针茅增加幅度均明显大于羊草,针茅对 CO<sub>2</sub>浓度升高更为敏感。

### 2.2 土壤干旱对羊草、针茅生物量的影响

土壤干旱抑制了羊草和针茅的生长发育,使其生长减弱株高降低,干物质积累减少生物量下降,且随干旱程度加剧,其减少更为明显(表 3,4)。

表 3 土壤干旱对羊草的影响 g

土壤湿度 / %	品种	总生物量	根生物量	茎生物量	叶生物量	根冠
30~45	锡林浩特	18.52	7.30	5.01	6.21	0.650
	长岭	24.86	7.60	7.82	9.88	0.405
45~60	锡林浩特	27.72	8.80	7.60	11.02	0.465
	长岭	33.52	8.64	9.93	14.95	0.347
60~80	锡林浩特	32.84	12.27	8.15	12.42	0.596
	长岭	39.53	9.15	12.94	17.44	0.301

注:测定日期为 10月 16日,CO<sub>2</sub>浓度为 350μmol/mol

表 4 2001年土壤干旱对贝加尔针茅的影响

土壤湿度 / %	地上生物量 /g	地下生物量 /g	总生物量 /g	株高 / cm
60~80	0.1461	0.0471	0.1932	25.68
45~60	0.1022	0.0319	0.1341	24.26
30~45	0.0953	0.0261	0.1214	23.80

由表 3可见羊草生物量随土壤干旱程度的加大其生物量减少也加大。土壤湿度分别为 30%~45%,45%~60%时,锡林浩特羊草的总生物量比对照分别减少 43.6%,15.6%,根减少 40.5%,28.3%,茎减少 38.5%,6.8%,叶减少 50.0%和 11.3%。长岭羊草总生物量分别减少 37.1%和 15.2%,根冠比分别增加 34.6%和 15.3%。根冠比增加有利于根对深层水的利用,这是植物适应生境的一种自我调节功能。

由表 4可以看出,土壤干旱对针茅的影响和羊草一样也是负效应,当土壤发生轻度干旱时地上生物量、地下生物量、总生物量分别比对照下降了 30.1%,32.3%,30.6%;发生严重干旱时分别下降了 34.8%,44.6%,37.2%;而且株高也明显的变低,轻度干旱时降低了 1.42 cm (5.5%),严重干旱时降低了 1.88 cm (7.3%)。

### 2.3 高 CO<sub>2</sub>浓度下羊草和针茅对土壤干旱的响应

在高 CO<sub>2</sub>浓度条件下土壤干旱对羊草、针茅的影响也是负效应,CO<sub>2</sub>的“施肥效应”受到一定的抑制。由表 5及表 6可见,当 CO<sub>2</sub>浓度为 700μmol/mol时,土壤发生轻度干旱时羊草总生物量、叶、茎、根生物量分别比对照下减少 30%,32.1%,26.3%,20.7%;根冠比增加 33.3%;严重干旱时总生物量、叶、茎、根生物量分别减少 52.7%,71.1%,54.5%,22.9%;根冠比增加 112.1%。在同样土壤湿度条件下,CO<sub>2</sub>浓度高时生物量下降的幅度均大于对照下降幅度,但根冠比增加幅度又都大于对照,结果说明,在高 CO<sub>2</sub>浓度条件下与对照相比羊草和针茅对土壤干旱更为敏感,根冠比的增加说明羊草自身调节吸收深层水的能力强于对照。

表 5 高 CO<sub>2</sub> 浓度下土壤干旱对长岭羊草生物量的影响

土壤湿度 / %	700 $\mu$ mol/mol					350 $\mu$ mol/mol				
	总生物 量 /g	叶生物 量 /g	茎生物 量 /g	根生物 量 /g	根 冠	总生物 量 /g	叶生物 量 /g	茎生物 量 /g	根生物 量 /g	根 冠
30~ 45	20. 2	5. 08	6. 11	9. 01	0. 70	14. 4	4. 63	5. 71	4. 06	0. 32
45~ 60	29. 2	11. 94	9. 91	9. 26	0. 44	24. 63	10. 71	8. 05	5. 87	0. 29
60~ 80	42. 7	17. 58	13. 44	11. 68	0. 33	31. 0	14. 71	9. 96	6. 37	0. 25

注:表中数据为 9月 14日所测

另外,比较相同湿度条件下的生物量可看出,CO<sub>2</sub> 浓度 700 $\mu$  mol/mol 时生物量均高于 350 $\mu$  mol/mol,如土壤湿度为 30%~ 45% 时,叶、茎、根生物量分别高 9. 7% , 7. 0% , 12. 9%。而在土壤湿度为 60%~ 80% 时,总生物量、叶、茎分别增加 37. 7% , 19. 5% , 34. 9% ,均大于干旱时的增加幅度,根干重增加小于干旱时的增加幅度。从这一点来看,在干旱条件下的 CO<sub>2</sub>“施肥效应”仍然存在,但受到了干旱的抑制“施肥效应”减弱但在高 CO<sub>2</sub> 浓度条件下根冠比的增加远大于对照。如土壤湿度为 30%~ 45% 时,增加 118. 8% 而湿度 60%~ 80% 时只增加了 32% ,根干重也有明显增加 ( 121. 9% )

表 6 在高 CO<sub>2</sub> 浓度条件下土壤干旱对针茅的影响

土壤湿度 / %	地上生物 量 /g	地下生物 量 /g	总生物 量 /g	株高 /cm
60~ 80	0. 3069	0. 0692	0. 3761	47. 4
45~ 60	0. 2249	0. 0655	0. 2904	41. 3
30~ 45	0. 2199	0. 0602	0. 2801	40. 4

针茅在高 CO<sub>2</sub> 浓度条件下,土壤干旱对针茅的影响一样为负效应,但针茅在高 CO<sub>2</sub> 浓度条件下对干旱的响应与羊草还不完全一致,生物量虽然也呈减少趋势,但幅度明显小于羊草,轻度干旱时总生物量、地上生物量、地下生物量分别减少 22. 8% , 26. 7% , 5. 4% ,严重干旱时分别减少 25. 5% , 28. 4% , 13. 0%。而根冠比虽然增加,但幅度很小,均小于 4%。比较表 6 和表 4 可以看出,在高 CO<sub>2</sub> 浓度条件下发生干旱时,CO<sub>2</sub>“施肥效应”仍很明显。轻度干旱,严重干旱时的生物量也均高于 CO<sub>2</sub> 浓度 350 $\mu$  mol/mol 时。水分适宜 ( 60%~ 80% ) 的生物量如严重干旱时总生物量、地上、地下生物量分别高 50. 0% , 50. 5% , 27. 8%。通过上述分析可以说明在高 CO<sub>2</sub> 浓度条件下,CO<sub>2</sub> 浓度的正效应要比干旱的负效应对针茅的影响大,针茅对 CO<sub>2</sub> 浓度升高更为敏感

### 3 结 论

( 1 ) 土壤干旱对羊草、针茅的影响均为负效应,且随干旱程度的加重负效应加大。

( 2 ) CO<sub>2</sub> 浓度升高对羊草、针茅干物质积累均为正效应,总生物量、地上、地下生物量都有明显的影响,但增加幅度两者有一定差异

( 3 ) 高 CO<sub>2</sub> 浓度下,干旱对羊草、针茅干物质的积累也是负效应;CO<sub>2</sub> 的“施肥效应”因干旱而受到抑制,羊草更为明显,针茅仍保持较明显的“施肥效应”。

( 4 ) 通过试验研究认为,CO<sub>2</sub> 浓度的升高,对植物干物质积累均有明显的正效应,但是不同植物及同种植物不同品种间存在较大的差异

### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 杨春虹,王宏,于好勋,等.农田作物环境试验研究 [ M ].北京:气象出版社,1990. 145- 150.
- [ 2 ] 卢振民.农田作物环境试验研究 [ M ].北京:气象出版社,1990. 131- 136.
- [ 3 ] 邓慧平,祝廷成.全球气候变化对松嫩草原土壤水分和生产力的影响研究 [ J ].草地学报,1998, 6( 2 ): 147- 151.
- [ 4 ] 李月树,祝廷成.羊草种群地上部生物量形成规律的探讨 [ J ].植物生态学月地植物学丛刊,1983, 7( 4 ): 290- 296.
- [ 5 ] 杨允菲,祝玲.松嫩平原天然羊草种群结实器官性状的波动与气候因子关系的研究 [ J ].植物学报,1993, 35( 6 ): 472- 479.
- [ 6 ] 郭继勋,祝廷成.气候因子对东北羊草草原羊草群落产量影响的分析 [ J ].植物学报,1994, 36( 10 ): 790- 796.
- [ 7 ] 杨利民,韩梅,李建东.松嫩平原主要草地群落放牧退化演替阶段的划分 [ J ].草地学报,1996, 4( 4 ): 281- 286.
- [ 8 ] 崔鲜一,彭玉梅,程渡.科尔沁羊草—贝加尔针毛草原物候期和产草量与气象条件关系的研究 [ J ].草地学报,1996, 4( 4 ): 302- 307.
- [ 9 ] 王义风.大针毛草原地上生物量形成的规律与特点 [ J ].植物生态学与地植物学学报,1989, 13( 4 ): 287- 308.
- [ 10 ] 昭和斯图,祁永.内蒙古短花针毛草原放牧退化系列研究 [ J ].中国草地,1987( 1 ): 29- 35.
- [ 11 ] 李永宏.内蒙古锡林河流域羊草草原和大针毛草原在放牧影响下的分异和趋同 [ J ].植物生态与地植物学学报,1988, 12( 3 ): 189- 196.
- [ 12 ] 丁一汇.中国的气候变化与气候影响研究 [ M ].气象出版社,1997. 506- 527.