

## 黄土高原本氏针茅光合特性及生产力的研究\*

王 静

程积民 万惠娥

(中国气象局兰州干旱气象研究所 兰州 730020)(水利部水土保持研究所 杨陵 712100)  
(甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室 中国科学院)

**摘 要** 对黄土高原本氏针茅叶片光合特性及生产力状况研究结果表明,本氏针茅前期生长较慢,5月初至7月初为快速生长期,最高株高可达92.2cm,最高日增长量达1.67cm。本氏针茅生物量季节动态呈单峰曲线,8月份达最大值(822.5g/m<sup>2</sup>),其中非光合器官占比重大。其叶片光合、蒸腾特性受环境因子的影响而呈规律性变化,光合速率、蒸腾速率及气孔导度日进程均表现为双峰曲线,且光合午休同时受气孔和非气孔因素的限制。

**关键词** 本氏针茅 光合特性 生产力

**Photosynthesis characteristics and productivity of *Stipa bungeana* in loess plateau.** WANG Jing(Lanzhou Institute of Arid Meteorology, Chinese Meteorological Administration; Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster, Lanzhou 730020, China), CHENG Ji-Min, WAN Hui-E(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resource, Yangling 712100, China), *CJEA* 2005, 13(4): 71~73

**Abstract** Photosynthesis characteristics and productivity of *Stipa bungeana* were studied. The results show that in the early period, *Stipa bungeana* grow slowly, then from the early May to the early July, it does fast. Its height can reach 92.2cm and the maximum of its daily increased height is 1.67cm. The seasonal dynamic of biomass is a single-humped curve and reaches the top in August and the non-photosynthesis occupies the more proportion. Due to the environmental influence, photosynthesis and transpiration change regularly and their daily variations can be expressed as a two-humped curve. The midday reduction of photosynthesis rate is limited by stomatic and non-stomatic factors.

**Key words** *Stipa bungeana*, Photosynthesis characteristics, Productivity

(Received July 13, 2004; revised Aug. 21, 2004)

本氏针茅为多年生草本植物,属禾本科针茅属<sup>[1]</sup>,广泛分布于我国西北、华北、西南和东北各地<sup>[2]</sup>。目前有关本氏针茅群落组成结构、特征及其对气候的适应等方面研究已见诸报道<sup>[3,4]</sup>,而有关本氏针茅种群特性方面的研究尚少见报道。本试验研究了黄土高原本氏针茅光合特性及生产力状况,为其合理开发利用提供理论依据。

### 1 试验材料与方法

本试验在中国科学院固原生态试验站内进行,该地属中温带半干旱黄土丘陵区,海拔高度1750~1800m,年均气温6~8℃,7月最高气温为33℃,1月最低气温为-15℃,年均积温3000~3200℃,年太阳总辐射量524.4J/cm<sup>2</sup>,年日照时数2500h,年无霜期110~140d,林草生长期244d,干燥度1.20~1.55,年降水量400~450mm,且降水主要集中于8月份。供试土壤主要为细黄土,土层较薄,有机质含量仅5~7g/kg,全N<0.5g/kg,土壤肥力低下且保肥能力差<sup>[5]</sup>。供试植物为本氏针茅。自5月份始每月下旬以收获法测定本氏针茅地上部生物量,样方面积1m×1m,3次重复,同时用分层法自地表每隔10cm割取本氏针茅,并分别称其茎、叶、穗鲜物质量,然后烘干称重,生物量以干物质量计。于6月份本氏针茅生长旺盛期选取晴朗标准日用英国产ADC便携式光合仪于7:00~19:00每2h测定1次其叶片光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间CO<sub>2</sub>浓度和大气温度、叶面温度及光合有效辐射等各项指标。自3月28日始至8月份生长末期每隔15d左右随机选取15丛本氏针茅测定株丛高度,并计算其生长速率(G):

\*“十五”国家科技攻关计划项目(2001BA508B19)、国家自然科学基金重点项目(30230290)、国家高技术研究(863)发展计划项目(2002AA6Z3301)和国家林业局荒漠化监测专项资助

$$G = (L_2 - L_1) / (t_2 - t_1)^{61} \quad (1)$$

式中,  $L_2$  为  $t_2$  时间的株高,  $L_1$  为  $t_1$  时间的株高。所有数据均用 SPSS 软件进行数理统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 本氏针茅生育期株高生长、生物量及产量结构的变化

表 1 本氏针茅生育期株高生长及生长速率的变化

Tab. 1 The dynamics of plant height and growth rate of *Stipa bungeana*

生长天数/d	株高/cm	生长速率/cm·d <sup>-1</sup>	生长天数/d	株高/cm	生长速率/cm·d <sup>-1</sup>
Growth day	Plant height	Growth rate	Growth day	Plant height	Growth rate
0	4.94	—	59	35.67	0.767
9	8.29	0.372	68	60.40	1.302
21	13.93	0.471	87	92.20	1.674
38	16.77	0.167	100	87.73	-0.344
49	28.00	1.021	112	86.00	-0.144

之后受其生育节律的影响,本氏针茅叶片变黄、脱落,茎秆水分减少且易断,株高变化较小,甚至开始减小,停止生长。整个生育期本氏针茅生长速率曲线基本为单峰型,自 4 月下旬始生长速率迅速增加,日增长量越来越大,6 月底至 7 月初生长速率达峰值,日增长量达 1.674cm,之后日增长量急剧下降,后期由于茎秆枯黄易折,甚至出现负增长。由表 2 可知本氏针茅生育期生物量积累呈单峰型,3 月份返青后随光温的逐渐增加,其地上部生物量迅速增大,至 7 月份地上部生物量已较高,8 月份达峰值(822.498g/m<sup>2</sup>),

表 2 本氏针茅生育期生物量积累的变化

Tab. 2 The seasonal variations of biomass of *Stipa bungeana*

月份	总生物量/g·m <sup>-2</sup>	非光合器官生物量/g·m <sup>-2</sup>	光合器官生物量/g·m <sup>-2</sup>
Month	Total biomass	Non-assimilation organ biomass	Assimilation organ biomass
5	393.588	312.562	81.026
6	575.041	493.029	82.012
7	758.234	619.266	138.968
8	822.498	727.871	94.627
9	81.294	15.000	66.294

之后本氏针茅茎秆枯黄,叶片脱落,生物量急剧下降。本氏针茅非光合器官(主要包括茎秆和花穗)生物量积累同总生物量积累趋势相同,且在总生物量中占比重较大,而光合器官(主要指叶片)生物量积累 5 月份进入快速增长期,7 月份达峰值,之后变化较小。

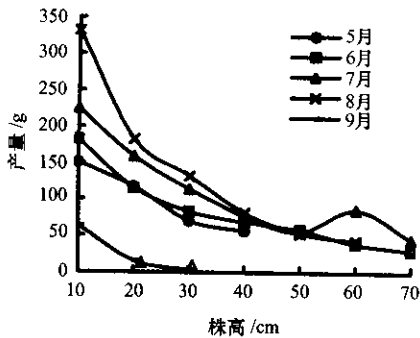


图 1 本氏针茅产量结构的变化

Fig. 1 The yields structure of *Stipa bungeana*

能量形成较高的生物量。本氏针茅不同生长期产量结构同其植株高度间存在明显相关关系,其模拟方程见表 3。

### 2.2 本氏针茅生理因子及有关环境因子日变化

该地区有关生态因子日变化见表 4,其中光合有效辐射和气温、叶温 1d 内变化趋势基本相似均呈单峰曲线,光合有效辐射 13:00 左右达峰值(1060 $\mu$ mol/m<sup>2</sup>·s),之后逐渐下降,至 17:00 后急剧下降。气温和叶温曲线清晨较低,之后随光照的增加而逐渐升高,13:00 左右达最大值,之后缓慢下降,日较差约 8℃。叶温与气温曲线显著相关,几乎重合。大气湿度和 CO<sub>2</sub> 浓度变化趋势较相似,清晨较高,之后逐渐递减,19:00 左右开始有所回升。植物光合速率日进程根据其峰谷变化可分为单峰型、双峰型、多峰型和平坦型<sup>[7,8]</sup>。大多数研究结果表明自

之后本氏针茅茎秆枯黄,叶片脱落,生物量急剧下降。本氏针茅非光合器官(主要包括茎秆和花穗)生物量积累同总生物量积累趋势相同,且在总生物量中占比重较大,而光合器官(主要指叶片)生物量积累 5 月份进入快速增长期,7 月份达峰值,之后变化较小。

由图 1 可知本氏针茅不同生长期产量结构呈明显金字塔型,其地上部主要集中在 0~50cm,该部分产量各月分别占总产量的 100%、88.0%、82.7%、94.7% 和 100%,各月产量结构变化趋势基本相同,由基部至顶部产量逐渐变小,这种空间结构有利于本氏针茅充分接受太阳光热

表 3 不同生长期本氏针茅株高与其产量结构的关系\*

Tab. 3 Relations of yields and height of *Stipa bungeana* in different months

月份	模拟方程*	R <sup>2</sup>
Months	Simulation equations	
5	$y = 217.06e^{-0.035x}$	0.9745
6	$y = 215.97e^{-0.028x}$	0.9824
7	$y = 246.55e^{-0.024x}$	0.8418
8	$y = 448.42e^{-0.041x}$	0.9844
9	$y = 299.16e^{-0.152x}$	0.9981

\*  $y$  为  $(x - 10\text{cm}) - x\text{cm}$  段的产量,  $x$  为高度  $(0 < x \leq 70\text{cm}, x \in Z)$

然条件下植物光合作用日变化曲线主要为单峰型和双峰型。表 4 表明本氏针茅光合速率、蒸腾速率和气孔导度均呈双峰型,存在明显午休现象。本氏针茅光合速率清晨较低,之后随光、温的逐渐升高,10:00 左右即达第 1 个峰值,14:00~15:00 左右达最小值,出现午休现象。这一时刻本氏针茅主要进行的是呼吸作用,研究表明光合作用出现午休现象主要是因大气湿度变低缘故所致<sup>[9]</sup>;之后随温度降低和光照强度减弱,光合速率逐渐回升,17:00 左右达第 2 个峰值,但低于第 1 个峰值。蒸腾速率日变化趋势同光合速率相似,也存在明显午休现象,2 个峰值分别出现于 11:00 和 17:00 左右。气孔导度 1d 中变化同光合速率和蒸腾速率

表 4 本氏针茅生理因子及有关环境因子日变化

Tab.4 The daily variations of plant physiological factors and environmental factors of *Stipa bungeana*

时 间 Times	大气温度/℃ Air temperature	叶面温度/℃ Leaf temperature	大气相对湿度/% Air relative humidity	CO <sub>2</sub> 浓度/ng·kg <sup>-1</sup> CO <sub>2</sub> concentration	光合有效辐射/ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ Photosynthetically active radiation	光 合 速 率/ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ Photosynthetic rate	蒸 腾 速 率/ $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ Transpiration rate	气 孔 导 度/ $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ Stomatal conductance	胞间 CO <sub>2</sub> 浓度/ $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ Intercellular CO <sub>2</sub> concentration
7:00	25.0	25.2	56	381	725	4.2	2.1	0.11	285
9:00	30.0	30.3	47	369	1002	6.5	2.9	0.13	287
11:00	33.3	33.3	43	359	938	6.1	3.8	0.11	248
13:00	33.3	33.5	43	353	1060	4.8	3.7	0.08	255
15:00	32.0	32.5	42	355	899	-0.7	1.5	0.041	357
17:00	30.2	30.4	42	359	812	3.9	2.4	0.08	261
19:00	25.9	25.6	43	364	96	-0.3	1.3	0.06	356

变化趋势相似,而胞间 CO<sub>2</sub> 浓度变化趋势上午同气孔导度较一致,呈逐渐下降趋势,11:00 后则与气孔导度变化相反,呈逐渐上升趋势,由于胞间 CO<sub>2</sub> 浓度同光合速率、气孔导度变化趋势不一致,因此从 Farquhar G. D. 等<sup>[9]</sup>对气孔行为和光合速率间的关系研究判断,光合速率的午休现象主要是由气孔因素和非气孔因素共同作用所致。上午光照强度较弱,光合机构未受到损伤,光合速率的变化主要是由气孔所控制,之后光照强度较强,光合机构受到损伤,此时光合速率的下降主要是由非气孔因素所限制。

### 3 小 结

本氏针茅返青较早,前期生长较慢,5 月份进入快速生殖生长期,株高增加迅速,6 月初至 7 月初生长速率达峰值,日增长量最高可达 1.674cm,7 月份后受其生育节律的影响,生长缓慢,株高不再增加。本氏针茅受其生育节律和周围生境因子作用的影响,其地上部总生物量、非光合器官、光合器官生物量积累呈明显单峰型,总生物量 8 月份达峰值,最高可达 822.498g/m<sup>2</sup>,其中各生育期非光合器官所占比重较大。本氏针茅产量结构呈金字塔型,其地上部主要集中在 0~50cm。本氏针茅叶片光合速率等生理因子受环境因子的影响而呈规律性变化,光合速率日变化呈双峰曲线,出现明显午休现象,其原因主要是由气孔因素和非气孔因素共同作用所致。

### 参 考 文 献

- 1 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志. 北京: 科学出版社, 1987
- 2 肖 雯. 五种盐生植物营养器官显微结构观察. 甘肃农业大学学报, 2002, 37(4): 421~427
- 3 程晓莉, 安树青, 陈兴龙等. 鄂尔多斯草地荒漠化过程与植被生物量变迁的关系. 林业科学, 2001, 37(2): 13~20
- 4 黄富祥, 高 琼, 傅德山等. 内蒙古鄂尔多斯高原典型草原百里香——本氏针茅草地上生物量对气候响应动态回归分析. 生态学报, 2001, 21(8): 1339~1346
- 5 邹厚远, 陈国良. 固原县自然条件概况. 水土保持研究, 1998, 5(1): 2~6
- 6 戎郁萍. 放牧强度对牧草再生性能的影响. 草地学报, 2001, 9(2): 92~98
- 7 杜占池, 杨宗贵. 羊草光合作用日进程类型的研究. 自然资源, 1992(6): 32~37
- 8 许大全. 光合作用“午睡”现象的生态、生理与生化. 植物生理学通讯, 1990(6): 5~10
- 9 Farquhar G. D., Sharkey T. D. Stomatal conductance and photosynthesis. Ann. Rev. Plant Physiol, 1982, 33: 317~345