

## 高寒草甸矮嵩草种群光合作用及群落生长季节变化\*

易现峰

贲桂英 师生波 韩发

(青海大学农牧学院农学系, 西宁 810016) (中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

**摘要:** 对海北高寒草甸矮嵩草种群生长季光合作用及群落生长参数的测定表明,矮嵩草种群最大光合速率及表观量子效率的季节变化为6月>7月>8月>9月;群落地上净生物量及叶面积指数在生长季内呈上升趋势,地上净生物量增长速率和叶面积指数增长速率为6月>7月>8月>9月,其中9月份均为负增长。矮嵩草种群季节内的光合作用能力与群落的生产力密切相关。

**关键词:** 高寒草甸;矮嵩草种群;光合作用;群落生长

中图分类号: Q945 文献标识码: A 文章编号: 1000—6311(2000)01—0012—04

**Seasonal Variation in Photosynthesis of *Kobresia humilis* Population and Community Growth at Haibei Alpine Meadow.** YI Xian-feng ( *Department of Agronomy, Qinghai University, Xining 810016* ), BEN Gui-ying, SHI Sheng-bo, HAN Fa ( *The Northwest Plateau Institute of Biology, the Academy of Sciences China, Xining 810001* ): *Grassland of China*, No. 1, 2000, pp. 12 ~ 15.

**Abstract:** Study on seasonal variation in photosynthesis of *Kobresia humilis* population and community growth in alpine meadow demonstrated that maximum photosynthetic rate and apparent quantum yield exhibited increasing trend, namely, June > July > August > September. Community aboveground net biomass and leaf area index kept increasing from June to September. Increasing rates of community aboveground net biomass and leaf area index displayed the same trend as maximum photosynthetic rate.

**Key words:** Alpine meadow; *Kobresia humilis* population; Photosynthesis; Community growth

海北高寒草甸地处青藏高原东北隅、祁连山南麓的广袤地区,对当地畜牧业生产起着举足轻重的作用。在长期的自然选择中,该草甸植物不仅具有许多特异的生理生态适应性<sup>[1,2]</sup>,而且由于受高原独特的地理环境因素的制约,其种群和群落的生长特性与一般适宜环境下生长的种群和群落有所不同<sup>[3,4]</sup>。矮嵩草(*Kobresia humilis*)作为高寒草甸的优势种<sup>[5]</sup>,其种群的光合作用能力直接关系到整个群落的生产力水平。本文以矮嵩草种群为实验对象,测定其光合作用和群

落生长的季节变化动态,分析种群光合能力与群落生产力之间的关系,为高寒草甸群落初级生产力的形成机制提供理论依据。

### 1 样地概况与研究方法

\* 国家自然科学基金资助项目(编号: 39570129)

收稿日期: 1999-03-25; 修订日期: 1999-10-26

作者简介: 易现峰,男,24岁,硕士,1996年毕业于青海师范大学生物系,已发表论文3篇。

### 1.1 样地概况

中国科学院海北高寒草甸生态系统定位研究站(简称海北站)位于青藏高原的东北隅,地处祁连山主脉冷龙岭东段南麓,地理位置为北纬  $37^{\circ}29' \sim 37^{\circ}45'$ 、东经  $101^{\circ}12' \sim 101^{\circ}33'$ ,海拔 3200m;年平均温度为  $-1.7^{\circ}\text{C}$ ,无明显四季,只有冷暖季节之别,气候属高原大陆性气候<sup>[6]</sup>。矮嵩草草甸主要由多年生草本植物组成,优势种为矮嵩草,次优势种主要有羊茅(*Festuca ovina*)、异针茅(*Stipa aliena*)和垂穗披碱草(*Elymus nutans*)等。草甸植物的地上部分可分为两层,上层以禾草为主,下层为莎草和杂类草;根系生物量的90%分布在0~10cm的土层中。矮嵩草草甸土壤类型为亚高山草甸土,呈微碱性( $\text{pH} > 7.0$ );土壤成土过程简单,发育年轻,土层浅薄,有机质含量丰富,但分解缓慢,有明显积累现象<sup>[6]</sup>。

### 1.2 矮嵩草种群光合作用的测定

参照薛应龙(1985)方法,于生长季内(6月上旬至9月上旬)每月中下旬取矮嵩草健康叶片以液体氧电极测定其光合放氧(9月份的光合作用于上旬测定),并依光合作用对光照的响应曲线计算最大光合速率、呼吸速率以及光饱和点和光补偿点,表观量子效率由响应曲线的最初部分斜率计算。每次取样

均注意叶位和生育期等的一致性。

### 1.3 群落地上生物量及叶面积指数的测定

根据高寒矮嵩草草甸植物生长期较短的特点,于生长季节(6月初至9月上旬)每一旬进行一次采样测定,样方面积为  $1/16\text{m}^2$ ,取样时间为每天上午10~11时,每次重复4~5个样方,剔除上年度残留枯黄部分,测定植物地上净生物量和绿色部分的面积。叶面积以 Li-3000 叶面积仪测定,包括叶片投影面积和茎投影面积。叶面积指数为单位面积上叶片投影面积和茎投影面积之和。

## 2 结果与分析

### 2.1 矮嵩草种群光合作用的季节变化

#### 2.1.1 最大光合速率、光饱和点和光补偿点的季节变化

矮嵩草种群的最大光合速率出现在6月,为  $7.72 \pm 0.66 \mu\text{mol O}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ;7~9月则依次降低(表1)。6月矮嵩草种群处于返青期,此时植物保持着最高的光合能力;7月、8月植物进入稳定生长阶段,光合速率较高。光饱和点在整个生长季内变化不大,而光补偿点在8月、9月明显上升。8月、9月植物进入衰老枯黄阶段,光合作用能力下降,呼吸速率提高,因而光补偿点有所提高。

表1 海北高寒草甸矮嵩草种群光合作用的季节变化

Table 1 Seasonal variation in photosynthesis of *Kobresia humilis* population in Haibei alpine meadow

测定时间 Time for measurement	最大光合速率 Maximum photo- synthetic rate ( $\mu\text{molO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	呼吸速率 Respiration rate ( $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	表观量子效率 Apparent quantum yield ( $\text{O}_2/\text{Photon}$ )	光饱和点 Light saturation Point ( $\mu\text{molO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	光补偿点 Light compensation Point ( $\mu\text{molO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )
6月 June	$7.72 \pm 0.66$	$2.51 \pm 0.79$	$0.046 \pm 0.003$	887	15
7月 July	$6.42 \pm 0.35$	$2.34 \pm 0.55$	$0.042 \pm 0.019$	837	15
8月 August	$5.20 \pm 0.51$	$1.68 \pm 0.35$	$0.038 \pm 0.006$	837	40
9月 September	$3.72 \pm 0.21$	$2.21 \pm 0.28$	$0.035 \pm 0.005$	1194	40

#### 2.1.2 表观量子效率的季节变化

矮嵩草种群表观量子效率的季节变化与

最大光合速率的变化趋势一致(表1)。表观量子效率表明植物的光合作用效率的高低,6

月份矮嵩草种群表观量子效率最高,说明此时矮嵩草种群光合作用的效率也最高,光合产物的积累也最快最多,这与6月份的物候期——快速返青期相一致。7~9月表观量子效率呈下降趋势,光合效率下降,使得群落的地上净生物量的积累明显较6月份低。

### 2.1.3 呼吸速率的季节变化

表1表明,矮嵩草种群在整个生长季内呼吸速率基本保持下降趋势。6月份呼吸作用最强,保证了植物早期生长所需的生物能;6~8月在光合速率下降的同时呼吸速率也随之下降;9月份呼吸作用加强,此时植物开始衰老枯黄,物质的分解明显大于光合产物的合成和积累,植物出现负增长。

## 2.2 矮嵩草草甸植物群落叶面积指数及叶面积指数增长速率的季节变化

叶面积指数为植物群落多叶性的一种度量,表示单位土地面积上植物叶面积所占的

份额。矮嵩草草甸群落叶面积指数在生长季内呈现明显的“S”形。6月初到8月中旬叶面积指数一直保持上升趋势,9月份由于植物的枯黄衰老叶面积指数有所下降。群落叶面积指数的增长过程可分为三个时期:展叶初期、快速增长期和缓慢衰老期。由群落叶面积指数增长的时间进程可以粗略认为,5月为矮嵩草草甸植物的展叶初期;6月上旬至8月上旬为叶面积的快速增长期(约60d);8月中旬以后叶面积指数的增长速率减缓甚至出现负增长(表2),植物生长开始进入缓慢衰老期。在这三个时期,6月中旬叶面积指数的增长速率最大,为矮嵩草草甸群落的净光合生产和积累奠定了基础。叶面积指数增长的减缓并开始降低,并不意味着植物停止了生长,而是在逐渐变劣的环境条件下使枯黄速率开始相对增大,导致了植物群落叶面积指数的降低<sup>[3]</sup>。

表2 海北高寒草甸矮嵩草叶面积指数及其增长速率的季节变化  
Table 2 Seasonal variation in leaf area index and its increasing rate of *Kobresia humilis* community in Haibei alpine meadow

项 目 Item	6 月 June		7 月 July		8 月 August		9 月 September				
测定时间(月.日) measurement time (month. day)	6.10	6.20	6.30	7.10	7.20	7.30	8.10	8.20	8.30	9.10	9.20
叶面积指数 Leaf area index	0.90	1.30	1.76	2.21	2.65	2.98	3.20	3.31	3.33	3.26	3.12
叶面积指数 增长速率(N/d) Increasing(N/d)	0.033	0.040	0.046	0.045	0.044	0.033	0.021	0.011	0.002	-0.007	-0.014

### 2.3 群落的地上净生物量和生长速率的季节变化规律

群落的地上净生物量从6~8月中旬一直呈现上升态势,只是在植物进入枯黄期时才出现下降(表3)。6月上旬到8月中旬,海北高寒草甸气温高,降雨量增加,群落的叶面积指数也达最大。蒸腾蒸散强烈,光合有效辐射利用率高,有利的水热条件促使植物旺盛生长和干物质的迅速积累。8月下旬至9

月初,植物已近成熟,气温降低,降水减少,土壤表层冻融交替出现<sup>[7]</sup>。因受低温、少降水的影响,植物光合能力降低,物质分解速率增强,植物开始枯黄衰老,地上净生物量不再积累,相对稳定一段时期后缓慢下降。群落的地上净生物量的生长速率在6月中旬最大,此时矮嵩草叶面积指数增长速率最高,光合作用速率也最大,使得地上净生物量快速积累。从6月下旬至8月中旬,地上净生物量

增长速率依次降低。从8月下旬开始,群落的地上净生物量的生长速率呈现负值,表明

此时矮嵩草草甸的物质分解速率大于光合作用的生产速率,群落处于负增长时期。

表3 海北高寒草甸矮嵩草群落地上净生物量及其增长速率的季节变化  
Table 3 Seasonal variation in community aboveground biomass and its increasing rate of *Kobresia humilis* community Haibei alpine meadow

项目 Item	6月 June		7月 July			8月 August		9月 September		
测定时间(月.日) measurement time (month. day)	6.10	6.20	6.30	7.10	7.20	7.30	8.10	8.20	8.30	9.10
地上净生物量(g/m <sup>2</sup> ) Aboveground biomass (g/m <sup>2</sup> )	123.43	175.73	230.13	274.06	314.64	341.00	349.37	350.21	343.75	341.42
地上净生物量的 增长速率(g/m <sup>2</sup> /d) Increasing rate (g/m <sup>2</sup> /d)	4.65	5.23	5.44	4.39	4.06	2.69	0.83	0.081	-0.07	-0.02

### 3 讨论

植物的光合作用直接关系到自身的生长发育以及干物质的生产与积累。高寒矮嵩草草甸的优势种——矮嵩草种群占据该草甸的主要空间,它的生物量占群落总生物量的16.69%<sup>[8]</sup>,而其氮元素的含量占群落总氮量的11.62%之多<sup>[9]</sup>。由此可见,矮嵩草种群光合产物的积累关系到整个群落的生产力水平,对于维持高寒矮嵩草草甸的生产力起着不可替代的作用。研究表明,矮嵩草种群在一个生长季内光合作用能力与草甸群落地上净生物量的增长速率以及叶面积指数的增长速率分别呈正相关关系,相关系数分别为 $r_1 = 0.9664$  ( $n_1 = 4$ )、 $r_2 = 0.9944$  ( $n_2 = 4$ ),说明矮嵩草种群自身的光合作用影响到了整个矮嵩草草甸的物质生产与积累。当前,矮嵩草草甸面临杂草入侵、鼠害泛滥及草场退化等严峻问题,提高矮嵩草种群的光合作用以及种间竞争能力,对提高矮嵩草草甸的生产力和发展高寒地区的畜牧业尤为重要。

#### 参考文献:

[1] 韩发,贲桂英,师生波. 青藏高原不同海拔矮嵩草抗逆

性的比较研究[J]. 生态学报,1998,18(6): 654~659.

- [2] 卢存福. 矮嵩草光合作用与环境因素关系的比较研究[J]. 植物生态学报,1995,19(1): 72~78.
- [3] 师生波,贲桂英,韩发. 矮嵩草草甸植物群落生长的初步研究[A]. 高寒草甸生态系统(第3集)[C]. 北京: 科学出版社,1991. 69~74.
- [4] 王启基,王文颖,邓自发. 青海海北地区高山嵩草草甸植物生物量动态及其能量分配[J]. 植物生态学报,1998,27(3): 222~230.
- [5] 周兴民,李建华. 海北高寒草甸生态系统定位站的主要植被类型及其地理分布的规律[A]. 高寒草甸生态系统(第1集)[C]. 北京: 科学出版社,1982. 9~18.
- [6] 杨福国. 青海高寒草甸生态系统定位站的自然地理概况[A]. 高寒草甸生态系统(第1集)[C]. 北京: 科学出版社,1982. 1~8.
- [7] 李英年,王启基,周兴民. 矮嵩草草甸地上生物量与气候因子关系及其预报模式的建立[A]. 高寒草甸生态系统(第4集)[C]. 北京: 科学出版社,1995. 1~10.
- [8] 王启基,杨福国,史顺海. 高寒矮嵩草草甸再生草生长规律的初步研究[A]. 高寒草甸生态系统国际学术讨论会论文集[C]. 北京: 科学技术出版社,1988. 88~93.
- [9] 张金霞,曹广民,赵静玟,王在模. 高寒草甸生态系统中矮嵩草草甸的氮、磷、钾动态[A]. 高寒草甸生态系统(第4集)[C]. 北京: 科学出版社,1995. 11~18.