

青海门源地区天然草场和人工草地的光能利用率及其提高的途径*

张树源 马章英

(中国科学院西北高原生物研究所)

绿色植物的90—95%的生物学产量是来自利用太阳辐射能量所进行的光合作用。因此,单位面积上牧草群体产量的高低,与该单位面积上牧草群体固定的太阳辐射能量的多少密切相关。所谓太阳辐射能量就是地球空气外层,每平方米上,一分钟内接受到太阳垂直平面照射的能量。即太阳常数1.95卡/平方厘米·分(陈秉乾等,1978)。地面上太阳辐射的强弱,与太阳在空中位置的高低,空气的清浊和云量的多少直接相关。在我国的青藏高原上,太阳的位置较低,空气清洁,云量稀少,光能资源丰富,太阳辐射极强。因此,开发利用青藏高原上的光能资源,研究高原植物的光能利用率及其提高的途径,不仅在生产上可以提供合理的栽培管理方法,而且在理论上可以揭示高产的机理,提出进一步增产的可能性。

材料与amp;方法

本实验取材于青海门源地区,北纬37°27'—37°45'和东经101°12'—102°00',年平均温度为0℃,1月份最冷为-13.5℃,7月份较热为11.2℃,极端最低温度为-30.1℃,极端最高温度为26.7℃。4月底到9月初牧草生长季节,≥5℃的积温为1176℃,7、8月份牧草生长旺季,气温高于10℃,≥10℃的积温为484.6℃。昼夜温差多在14.3℃左右。年降水量为531.6毫米,多集中在6、7、8、9四个月里,占全年降水量的70.5%。相对湿度为62%。全年日照时数达2672.9小时,日照率达66%,牧草生长季节平均日照时数为7.2—8.5小时。太阳年总辐射量为140—160大卡/平方厘米(杨福圃,1980),相当于9.3—10.6亿大卡/亩。年生理辐射量大约在70—80大卡/平方厘米。海拔在3200—3400米之间的高山草甸天然草场(金露梅 *Potentilla fruticosa*, 灌丛,华扁穗草苔草 *Blysmus sinocompressus*, *Carex* sp. 草甸,矮嵩草 *Kobresia humilis*, 草甸,垂穗披碱草 *Elymus nutens*, 草甸)和人工草地(人工垂穗披碱草 *Elymus nutens*, 草地)。根据上述牧草的实际生长情况,在返青期、草盛期和枯黄期,按多点混合随机取样的原则,采取30—50株快速测量叶面积和叶面积系数,然后洗净根部立即放在105℃的烘箱中,经30分钟后,转入80℃烘至恒重测其净光合生产率(Бегинцев, 1953)。它是单位叶面积在一定时间内干物质积累的数量。一般用下列公式求得:

* 本文承蒙吕忠恕教授审阅指正。谨此谢忱。

$$E = \frac{W_2 - W_1}{\left(\frac{L_1 + L_2}{2}\right) \times T}$$

式中 E 为净光合生产率(克/平方米·日), W_1 和 W_2 为第一次和第二次测定的干物重(克), L_1 和 L_2 为第一次和第二次测定的叶面积或叶面积系数, T 为第一次测定到第二次测定的相隔日数。

根据净光合生产率来计算照射在植物上的太阳光能被植物吸收利用的效率(董留卿, 1979)。它可用下式计算:

$$\text{某植物在某一生育阶段的光能利用率(\%)} = \frac{\text{某一生育阶段该植物增加的干物重(斤/亩)} \times 2000}{\text{该植物某一生育阶段内的每日总辐射量之和(大卡/亩田)}} \times 100$$

式中 2000 为 1 斤干物质约产生 2000 大卡能量。

结果和讨论

1. 青海门源地区天然草场和人工草地的光能利用率

牧草的光能利用率是指牧草在某一生长时期内增加的干物重与牧草在这一生长时期内所固定的太阳辐射总量的比值。从表 1 可以看出, 青海门源地区的天然草场与人工草地的光能利用率是非常低的。仅从这一点就可以说明, 要提高牧草的光能利用率, 在栽培措施の利用上就足以证明其显著效果。然而, 只种不管或少管也达不到提高牧草光能利用率的目的。

表 1 青海门源地区天然草场和人工草地的光能利用率

Table 1 The utilization rate of solar energy of artificial grassland and natural rangeland in Menyuan area of Qinghai.

草场类型 rangeland type	植被类型 vegetation type	灌丛、草甸和草地群丛 bush, meadow and grassland association	年净光合生产率 (克/米 ² ·年) net assimila- tion rate per year (g/m ² ·y)	太阳辐射年总量 (千卡/米 ² ·年) total solar radiation per year (kc/m ² ·y)	年总光能利用率 (%) the utilization of solar energy per year (%)
天然草场 natural rangeland	高山灌丛 Alpine bush	金露梅灌丛 Potentilla fruticosa bush	176.1 ¹⁾	14×10 ⁵ — 16×10 ⁵	0.04—0.05
		华扁穗草、苔草草甸 blymus sinocompressus. Carex sp meadow	275.6	14×10 ⁵ — 16×10 ⁵	0.07—0.08
	高山草甸 alpine meadow	矮嵩草草甸 kobresia humilis meadow	183.5	14×10 ⁵ — 16×10 ⁵	0.05
		垂穗披碱草草甸 elymus nutens meadow	258.2 ¹⁾	14×10 ⁵ — 16×10 ⁵	0.06—0.07
人工草地 artificial grassland		垂穗披碱草人工草地 elymus nutens artificial grassland	492.4	14×10 ⁵ — 16×10 ⁵	0.12—0.14

资料引自杨福圃的工作。

1) The data is from Yang Futun.

表 1 中人工草地的光能利用率为 0.1—0.15%，虽然较天然草场提高了 1—2 倍。但较全国现有耕地全年太阳光能利用率平均不超过 0.4% (王天铎等, 1978) 还相差 2—4 倍。比长江流域的 5%，北京郊区的 4% 相差竟达 40—50 倍。看来，这和青海门源地区牧草生长季节日照长，太阳辐射强，光能资源丰富等优越条件很不相称，说明本区与国内其它地区相比要提高牧草光能利用效率的潜力还很大。有必要进一步开发利用。

2. 青海门源地区天然草场和人工草地不同生育时期的光能利用率

如果说青海门源地区牧草的光能利用效率是百分之一百的话。也就是说，牧草可以把一年中所照射的太阳辐射能量 (140—160 大卡/平方厘米·年) 全部如实吸收利用制成碳水化合物。那么，根据 1 克植物的碳水化合物完全燃烧时，放出 4.25 大卡的热量 (Albritton, 1954.) 来计算，本区全年每亩就可以得出 218.78—251.72 公吨的干物质 (包括根茎叶所有生物量)。然而，光能利用率由于各种因素的限制不可能达到百分之一百。事实上，牧草各生育时期的光能利用率也不可能都始终维持一个不变的数值。从表 2 实测结果来看，本区牧草的光能利用率在返青期较低，草盛期达到高峰，枯黄期又降落下来，这和牧草一生的干物增重成正相关。

表 2 青海门源地区天然草场和人工草地不同生育期的光能利用率

Table 2 The utilization rate of solar energy in different periods of artificial grassland and natural rangeland in Menyuan area of Qinghai.

草场类型 rangeland type	草甸和草地群丛 meadow and grassland association	太阳辐射年总量 (大卡/米 ² ·年) total solar radiation per year (Kcal/m ² ·y)	返青期—草盛期 sprouting stage—grass flourishing stage		草盛期—枯黄期 grass flourishing stage— withering stage	
			年净光合生产率 (克/米 ² ·年) net photosyn- thetic produ- ction rate/ year (g/m ² ·y)	光能利用率 (%) the utiliza- tion rate of solar energy (%)	年净光合生产率 (克/米 ² ·年) net photosyn- thetic produ- ction rate/ year (g/m ² ·y)	光能利用率 (%) the utiliza- tion rate of solar energy (%)
天然草场 natural rangeland	华扁穗草苔草草甸 blymus sinoco- mpressus. Carex sp mead- ow	14×10 ⁵ — 16×10 ⁵	275.63	0.07—0.08	45.98	0.01
	矮嵩草草甸 Kobresia humilis meadow	14×10 ⁵ — 16×10 ⁵	37.49	0.01	183.51	0.05
人工草地 artificial grassland	垂穗披碱草草地 elymus nutens grassland	14×10 ⁵ — 16×10 ⁵	369.71	0.09—0.11	492.36	0.14—0.12

3. 青海门源地区天然草场和人工草地与欧洲中纬度草原、美洲温带草地及冻原或高山草甸的年净光合生产率和年总光能利用率的比较

表 3 告诉我们，本区人工草地的栽培牧草与欧洲中纬度草原 (须之部淑男, 1977) 相比，年净光合生产率相差 4 倍，光能利用率相差 6 倍。与美洲温带草地 (怀梯克著, 姚璧君

表3 青海门源地区天然草场和人工草地的年净光合生产率和年总光能利用率与欧洲中纬度草原、美洲温带草地和冻原或高山草甸相比较

Table 3 The utilization rate of solar energy and the net photosynthetic production rate of artificial and grassland and natural rangeland in Meayuan area of Chinese Qinghai compared with central latitude steppe of Europe and temperate steppe and tundra or alpine meadow of America.

草场类型 rangeland type	植被类型 vegetation type	灌丛、草甸和草地群丛 bush, meadow and grassland association	年净光合生产率 (克/米 ² ·年) net photosynthetic production rate/year (g/m ² ·y)	年总光能利用率 (%) total utilization rate of solar energy/year (%)
天然草场 natural rangeland	高山灌丛 alpine bush	金露梅灌丛 potentilla fruticosa bush	176.1	0.04—0.05
	高山草甸 alpine meadow	华扁穗草、苔草草甸 blysmus sinocompressus, carex sp. meadow	275.63	0.07—0.08
		矮嵩草草甸 kobresia humilia meadow	193.2	0.05—0.06
		垂穗披碱草草甸 elymus nutens meadow	258.2	0.06—0.07
人工草地 artificial grassland		垂穗披碱草人工草地 elymus nutens artificial grassland	515.0	0.13—0.15
欧洲中纬度草原 steppe vegetation at middle latitudes of Europe			2190.0	0.55—0.63
美洲温带草地 America temperate zone grassland			500.0	0.13—0.14
美洲冻原高山草甸 America tundra alpine meadow			140.0	0.04

等译, 1977) 比较不相上下。而本区的天然草场, 尤其是金露梅灌丛和矮嵩草草甸与美洲冻原或高山草甸比较, 年净光合生产率和光能利用率也相差无几。华扁穗草苔草草甸和垂穗披碱草草甸的年净光合生产率和光能利用率较冻原或高山草甸提高不到 1 倍。可见, 本区人工草地和天然草场的年净光合生产率和光能利用率与欧洲中纬度草原和美洲温带草地相比尚有潜力, 仍有必要进一步挖掘。

4. 提高青海门源地区天然草场和人工草地光能利用率的途径

从表 1 和表 3 可以看出, 本区无论和国内, 还是与国外比较, 提高牧草的光能利用率潜力很大。再从表 2 还可以看出, 牧草的光能利用率从出苗时的零开始, 随牧草绿色面积的增长, 郁蔽程度的增加而逐渐增大。直到牧草生长的旺盛时期, 才有可能达到理论最大光能利用率, 而后随着牧草的衰老死亡, 光能利用率逐渐变小, 最后为零。所以, 要提高本区牧草的光能利用率, 就必须考虑牧草的光合面积、光合能力、光合时间和呼吸消耗等 4 个直接与其相关的因素。尤其是光合面积、光合能力和光合时间, 必须设法加以改善和提

高。而呼吸消耗应尽量加以限制或减少。

根据以上分析结果,结合目前草原建设和研究现状。我们认为,要提高本区天然草场和人工草地牧草的光能利用率就必须从改进土壤营养状况,提高植被覆盖密度。改革耕作制度,加强栽培管理和选育高光合效率的牧草品种着手。使光、温、水、肥最优时期,牧草具有较高的叶面积系数,以保证时间、光强、叶面积系数乘积之和达到最高值。

参 考 文 献

- 陈秉乾, 1978, 太阳常数和大气外太阳分光辐照的标准值。北京大学学报(自然科学版), 2: 80—86。
杨福国, 1980, 高山嵩草草地的生态学特点及其利用问题。中国草原, 1: 32—38。
董留卿, 1979, 青海春小麦高产实践, 78—79。农业出版社。
须之部淑男, 1977, 太阳能的生物换能——能源作物。自然(日文), 32(7): 57—63。
怀梯克, R. H., (姚璧君、王瑞芳、金鸿志译), 1977, 群落与生态系统, 96页, 科学出版社。
Albritton, 1954, Standard values in nutrition and metabolism, Saunders CO.
Бегишев, А. Н., 1953, Работа листьев разных сельскохозяйственных растений в полевых условиях. Тр. ин-та физиол. растений им. К. А. Тимирязева АН СССР, 3(1):229—263.

THE UTILIZATION RATE OF SOLAR ENERGY AND THE WAYS
TO ITS ENHANCEMENT OF NATURAL RANGELAND
AND ARTIFICIAL GRASSLAND IN MENYUAN
AREA OF QINGHAI

Zhang Shuyuan Ma Zhangying

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

The present paper reports the utilization rate of solar energy and the ways to enhance it on the natural rangeland and artificial grassland in Menyuan area of Qinghai. The experimental results show that the utilization rate of solar energy on natural rangeland is 0.04—0.08%, and that of artificial grassland is 0.1—0.15%. The utilization rate on natural rangeland and artificial grassland is 2—4 times less than the average utilization rate per year in China i.e. 0.4%, and 6 times less than that of steppe vegetation at middle latitudes in Europe. But it is somewhat similar to that of the steppe vegetation of America temperate zone and tundra mountain meadow. The main ways of enhancing the utilization rate of solar energy are to increase photosynthetic area, to enhance photosynthetic ability, to prolong the photosynthetic time, and to decrease the respiratory consumption as well.