

# 青海高原海北高寒灌丛和 高寒草甸初级生产量\*

杨福固 沙 渠 张松林

(中国科学院西北高原生物研究所)

生物生产量的研究是生态系统研究的主要基础之一。草地生态系统中的初级生产者(Primary producer),亦称第一性生产者——绿色植物,利用太阳能,吸收二氧化碳和水,经光合作用制造出有机化合物,将日光能转化成可贮藏的化学能。除植物本身生命活动消耗外,所剩余的有机物或所固定的太阳能即净初级生产量。净初级生产量是生态系统中最基本、最重要的数量特征,为次级生产者直接或间接地提供食物和能源,是它们赖以生存的条件;同时净初级生产量也直接或间接地决定了系统内其他各级亚系统的生产力。

自60年代以来,特别是由联合国教科文组织支持的国际生物学计划(IBM),以研究生物生产量为中心;1972年后开展的《人与生物圈》(MAB)的计划,是以生物生产量资源的合理开发利用为中心的各项研究,发表了大量有关草地生态系统初级生产量的研究专著(Bliss and wielgolaski, 1973; Chapman, 1976; Milner and Hughes, 1968; Morris and Brunner, 1971; Heal and perkins, 1975; wielgelaski, 1975; whittaker, 1970)。

国内,特别是对青藏高原的高寒灌丛和高寒草甸初级生产量的研究报道较少。

本项工作于1978年5—9月,在青海门源高寒草甸生态系统定位站进行。我们选择了牧业生产上有重要生产价值、分布广、面积大的金露梅(*Potentilla fruticosa*)灌丛,矮嵩草(*Kobresia humilis*)草甸,垂穗披碱草(*Elymus nutans*)草甸和垂穗披碱草人工草地4种主要植被类型,作了初级生产量的比较,目的在于为合理利用和改良草地提供理论依据。

## 方 法

在调查区内,选择有代表性的样地,用铁丝围圈起来,防止牲畜啃食。再将固定样地分成若干面积为 $0.5 \times 0.5$ 米<sup>2</sup>即 $1/4$ 米<sup>2</sup>的小样方,进行下列内容调查:

\* 本文承中国科学院植物研究所姜恕、李世英先生,吉林师范大学祝廷成先生审阅,并提出许多宝贵意见;文中植物热值是本所实验生态组帮助测定,在此一并致谢。

地上生物量的测定,用剪草法自地表剪齐,从5月初植物返青起到9月底植物枯黄止,每月月中测定生物量1次,样方随机排列,重复4次;按禾本科、莎草科、杂类草3大类别称重、风干。金露梅灌丛没剪割木质茎,只摘取顶部幼枝及绿叶。

地下生物量测定采用挖根法,在返青期和枯黄期取样地 $1/4\text{m}^2$ ,挖深50厘米,重复4次,连根带土挖出,稍加暴晒,打碎土块,用36目铁筛将根筛出。

植物材料在 $65^{\circ}\text{C}$ 烘箱中烘干至恒重,最后以烘干重计。

植物热值用GR-3500型氧弹式热量计测定。

## 结果和讨论

### 1. 地上生物量

高寒灌丛和高寒草甸4种主要植被类型的地上生物量见表1。

由表1看出,高寒灌丛和高寒草甸4种主要植被类型的地上生物量的动态变化。6月中旬,植被返青后生长不久,地上生物量较低;随着生长期的进程,地上生物量都趋于增加,而逐渐达到最高值。不同植被类型的地上生物量变化的曲线如图1所示。

地上生物量的变化,主要取决于环境条件(温度、水分)的变化及建群种植物对环境的适应性;而环境条件的变化又是通过植物本身的生长发育反映出来。高原气候寒冷,植物返青较晚,直到4月底5月初,日平均气温达到 $5^{\circ}\text{C}$ 时,植物才开始萌发生长, $5.0^{\circ}\text{C}$ 似乎是耐冷湿的高寒植物种类开始生长的阈值,这与Melvin and Moris(1971)在美国西部蒙他纳羊茅草地的观察是一致的。植物返青后,直到5月底6月初,气温较低且变幅较大,仍受冰雪霜冻频繁袭击,加之土壤尚未完全解冻,植物叶片很小,光合作用强度低,干物质积累缓慢;进入6月中旬后,随着气温上升和降水量的增加,水热条件谐调,光合作用强度增强,植物生长加快,生物量显著增加;到了7月中旬,气温、降水条件最为有利,大多数植物进入拔节抽穗或盛花期,干物质积累迅速增加;7月下旬至8月上旬,气温、降水量日渐降低,植物本身也逐渐衰老,部分叶子变黄,光合作用强度减弱,干物质积累速度减慢,最后停止。植被类型不同,干物质积累停止时间有先有后,矮嵩草草甸,垂穗披碱草草甸在8月上旬生物量最高;金露梅灌丛,人工草地因物候期较晚,最高生物量在9月出现。9月中旬以后气温急剧下降,植物停止生长而进入枯黄期。

### 2. 根系生物量

根系生物量同样是初级生产量的组成部分。在测定地上生物量的同时,也对地下根系生物量进行测定。

值得指出的是,地下根系生物量测定是件辛苦而不易的工作,根和土壤的紧密结合,尤其是矮嵩草草甸坚韧的草结皮层,根系盘根错结,更增加了根系生物量测定的困难;加之死活根难以分离,根系年令难以确定,在一定程度上影响了数据的准确性。

高寒灌丛和高寒草甸主要植被类型根系生物量见表2。

由表2看出,高寒灌丛和高寒草甸主要植被类型的根系生物量,返青期低于枯黄期,因为整个枯黄期植物主要靠根系所贮藏的营养物质来维持其生命力;返青时,也靠根系

表1 高寒灌丛和高寒草甸不同时期的地上生物量 (平均值±标准差, 干重克/米<sup>2</sup>)Table 1 The aboveground biomass of alpine bushland and alpine meadow in different time. (Mean±S. dry wt.g/m<sup>2</sup>)

时 间 Date	矮 嵩 草 草 甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow			金 露 梅 灌 丛 <i>Potentilla fruticosa</i> bushland				垂 穗 披 碱 草 草 甸 <i>Elymus nutans</i> meadow			人工草地 artificial grassland
	莎 草 类 sedges	杂 类 草 forbes	小 计 subtotal	灌 木 shrubs	莎 草 类 sedges	杂 类 草 forbes	小 计 subtotal	禾 草 类 grasses	杂 类 草 forbes	小 计 subtotal	禾 草 类 grasses
6月15日 June. 15	35.0±19.15	37.0±10.53	72.0±23.5	17.5±1.9	4.3±10.0	21.5±11.7	82.0±11.53	32.0±17.2	55.0±10.53	87.0±21.74	53.0±8.24
7月15日 July. 15	106.1±15.39	60.2±8.8	166.3±7.4	28.1±4.35	101.0±8.48	39.4±9.27	168.5±9.4	76.0±9.16	97.4±13.56	173.4±14.0	258.0±52.0
8月4日 Aug. 4	99.0±4.12	91.3±21.26	190.3±20.3	21.0±7.4	99.0±13.19	55.5±15.6	175.5±26.9	116.0±5.09	131.5±9.0	248.2±3.6	435.0±26.6
9月17日 Sept. 17	92.2±14.53	79.0±3.46	171.2±22.36	21.2±10.39	121.9±10.19	33.0±6.08	176.1±23.6	95.9±8.6	54.1±2.23	150.0±6.4	515.0±60.08

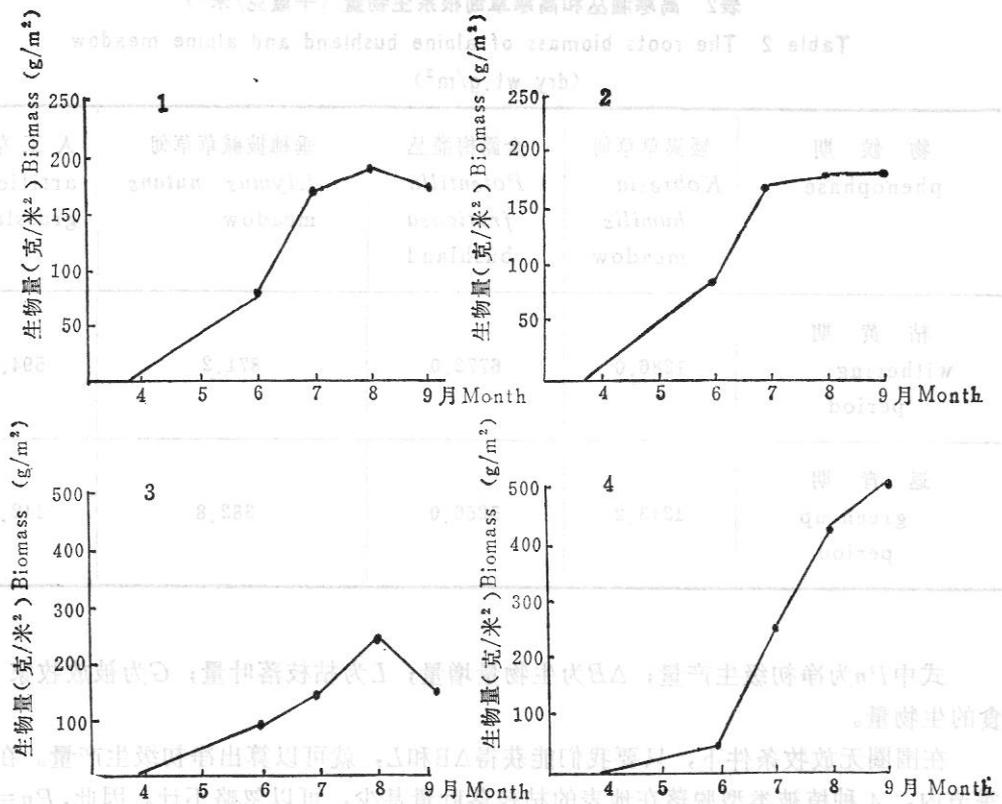


图1 高寒灌丛和高寒草甸地上生物量变化曲线

1.矮蒿草甸 2.金露梅灌丛 3.垂穗披碱草甸 4.人工草地

Fig. I The change curve of biomass in alpine bushland and alpine meadow.

1) *Kobresia humilis* meadow; 2) *Potentilla fruticosa* bushland; 3) *Elymus nutans* meadow; 4) Artificial grassland

来供给营养,部分营养转变成地上生物量。地上茎叶等营养器官生长后,物质又逐渐转运到地下而贮藏。

### 3. 净初级生产量

净初级生产量是草地生态系统最重要的数量特征之一,它标志着草地生产力的高低,而避免了不同时期生物量不一致所引起的混乱。净初级生产量既包括地上部分净初级生产量,也包括地下根系的净初级生产量。

按照草地初级生产量的测定方法,净初级生产量以最小和最大生物量为依据,最后有机物生产停止在最高生物量处(Chapman, 1976; Milner and Hughes, 1968; Heal and Perkier, 1975; 岩城英夫, 1977)

根据净初级生产量计算公式:

$$P_n = \Delta B + L + G$$

表2 高寒灌丛和高寒草甸根系生物量 (干重克/米<sup>2</sup>)Table 2 The roots biomass of alpine bushland and alpine meadow (dry wt.g/m<sup>2</sup>)

物候期 phenophase	矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticosa</i> bushland	垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow	人工草地 artificial grassland
枯黄期 withering period	1286.0	6772.0	871.2	594.0
返青期 green up period	1243.2	5256.0	382.8	142.0

式中 $P_n$ 为净初级生产量； $\Delta B$ 为生物量增量； $L$ 为枯枝落叶量； $G$ 为被放牧家畜采食的生物量。

在围圈无放牧条件下，只要我们能获得 $\Delta B$ 和 $L$ ，就可以算出净初级生产量。在生长季节内，4种植被类型脱落在地表的枯枝落叶量甚少，可以忽略不计。因此， $P_n = \Delta B$ 。地上生物量在生长初期甚低，所以我们直接取地上最高生物量，即为地上净初级生产量。枯黄期根系生物量减去返青期根系生物量，即为地下根系净初级生产量。地上净初级生产量加上地下根系净初级生产量即为全年净初级生产量，高寒灌丛和高寒草甸等4种植被类型的净初级生产量见表3。

表3说明：金露梅灌丛的净初级生产量最高，为1692.1克/米<sup>2</sup>·年，其中地下净初级生产量为1516.0克/米<sup>2</sup>·年，是地上净初级生产量176.1克/米<sup>2</sup>·年的8.6倍。金露梅灌丛为木本植物，根深而较发达，根系生物量大，地下净初级生产量高，地上净初级生产量低，原因一方面测定没有包括每年木质茎的生产量；另一方面，地上净初级生产量主要集中在生长量较小的顶部的幼枝和绿叶上。其它3种草本植被类型，以人工草地净初级生产量较高为831.4克/米<sup>2</sup>·年，地上净初级生产量为515.0克/米<sup>2</sup>·年，地下净初级生产量所占的比例较小，为316.4克/米<sup>2</sup>·年，占地上净初级生产量的60%。人工草地在人工栽培管理下，改变了土壤的水肥和通气条件，有利于垂穗披碱草生长，提高了地上净初级生产量。垂穗披碱草草甸净初级生产量为600.08克/米<sup>2</sup>·年，略低于人工草地而高于矮嵩草草甸；地上净初级生产量为258.2克/米<sup>2</sup>·年，地下净初级生产量为341.88克/米<sup>2</sup>·年，为地上的1.3倍。两种不同类型的垂穗披碱草草地，地下净初级生产量占净初级生产量的比例较小，这与垂穗披碱草属疏丛性禾草，根系较浅有关。矮嵩草草甸净初级生产量最低为772.9克/米<sup>2</sup>·年，地上净初级生产量为190.3克/米<sup>2</sup>·年，地下净初级生产量为582.6克/米<sup>2</sup>·年，地下为地上的3.06倍，由于它的根系生产量较

表3 高寒灌丛和高寒草甸净初级生产量

Table 3 Net primary production of alpine bushland and alpine meadow

植 被 类 型 Vegetation type	矮 嵩 草 草 甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow			金 露 梅 灌 丛 <i>Potentilla fruticosa</i> bushland			垂 穗 披 碱 草 草 甸 <i>Elymus nutans</i> meadow			人 工 草 地 artificial glassland			
	部 位 part	地上 above-ground	地下 under-ground	总计 total	地上 above-ground	地下 under-ground	总计 total	地上 above-ground	地下 under-ground	总计 total	地上 above-ground	地下 under-ground	总计 total
净初级生产量 (克/米 <sup>2</sup> ·年) Net primary production(g/m <sup>2</sup> .yr.)		190.3	582.6	772.9	176.1	1516.0	1692.1	258.2	341.88	600.03	515.0	316.04	831.4
地上: 地下比例 above-ground : under-ground ratio		1	3.06		1	8.6		1	1.3		1	0.61	
平均每日生产量 (克/米 <sup>2</sup> ) daily production (g/m <sup>2</sup> )		0.52	1.596	2.116	0.48	4.15	4.63	0.707	0.936	1.644	1.41	0.865	2.27
热值含量 (千卡/克) calorific value (cal/g)				4.7809			4.6722			4.6527			4.6527
贮存固定的太阳能(千卡/米 <sup>2</sup> ·年) solar energy storage (cal/m <sup>2</sup> .yr)		909.80	2785.35	3695.16	822.77	6028.0	7030.72	1021.32	1590.66	2791.98	2396.14	1470.25	3866.39

高，在寒冷的气候条件下，根系分解较慢，密集交错，形成了厚而富有弹性的草结皮层。

高寒灌丛和高寒草甸植被的净初级生产量，只有地上净初级生产量才能直接被家畜所利用，因此，地上净初级生产量的高低，直接决定了在牧业生产中的价值。金露梅灌丛净初级生产量虽高，而地下根系却占了很大比例，不能为家畜利用，加之灌丛的适口性较低，在牧业生产中的经济价值不如其它3种草本植被类型高。

高寒灌丛和高寒草甸的地上净初级生产量同世界其它地区相比，矮蒿草草甸高于加拿大北极冻原苔草草甸的生产量(40.0克/米<sup>2</sup>·年)(Bliss and Wielgolaski, 1978)，而和挪威高山干草甸的190.0克/米<sup>2</sup>·年相似(Wielgolaski, 1975)；金露梅灌丛低于英国的欧石楠(*Calluna vulgaris*)灌丛(240—270克/米<sup>2</sup>·年)(Heal and Perkins, 1978)；天然垂穗披碱草草甸低于美国的羊茅草原(531.0克/米<sup>2</sup>·年)，而人工草地则和美国的羊茅草原相似(Melvin, 1971)。

高寒灌丛和高寒草甸主要植被类型的净初级生产量还可用所固定贮存的太阳能表示。不同植被类型混合样品的每克干物质所含的热值数见表3。从测得的热值来看，高寒灌丛和高寒草甸的热值数较陆生植物平均热值4.25千卡为高(Whittaker, 1976)，而和北美的高山及冻原植物的热值相近似(Bliss and Wielgolaski, 1973)。每克干物质的热值再乘以净初级生产量，即为每一类型所固定贮存的太阳能数。各类型植被所固定的太阳能见表3。

### 参 考 文 献

- 岩城英夫, 1977: 陆地植物群落的物质生产 I—草原. 共立出版株式会社(日文)。
- Bliss, L.C. and F.E. Wielgolaski, 1973: Primary production and production processes, Tundra Biome. Dublin, Ireland, pp3—13.
- Chapman, S.B., 1976: Methods in Plant Ecology. Blackwell Scientific Publications. pp 157—195.
- Melvin, S. Morris and J. David Brunner, 1971: U.S. IBP. Grassland Biome. Technical Report No. 113. Primary productivity of the *Festuca* grassland in Western Montana. 1—48.
- Milner, C. & Hughes, R. E., 1968: Methods for the measurement of the primary production of grassland. IBP Handbook. No. 6, Blackwell Oxford and Edinburgh.
- Heal, O.W. and D.F. Perkins, 1978: Production Ecology of British Moors and Montane Grassland, Springer-Verlag. pp262—331.
- Wielgolaski, F.E., 1975: Fennoscandia Tundra Ecosystems. Part 1 Plants and Microorganisms. Springer-Verlag, pp121—127.
- Whittaker, R.H., 1970: Communities and Ecosystems. New York.

ON THE PRIMARY PRODUCTION OF  
ALPINE BUSHLAND AND ALPINE MEADOW  
IN HAIBEI, QINGHAI PLATEAU

YANG Futun    SHA   Qu    ZHANG Songling

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

Investigations on the primary production of an alpine bushland and alpine meadow are carried out during May-September, 1978, at Haibei Research Station of Alpine Meadow Ecosystem. A comparison of four main vegetation types was made, they were: *Potentilla fruticosa* bushland, *Kobresia humilis* meadow, *Elymus nutans* meadow and *E. nutans* artificial grassland. The stands were enclosed with fence before the growing season in 1978. In the present study the sampling area was 50cm by 50cm in size, i.e. 0.25m<sup>2</sup>.

Harvesting of the plants was generally done at one month interval. Stand plant materials were clipped at the soil surface. The underground root biomass was taken by digging to 50cm, the peak biomass was taken as net primary production. For each vegetation type, the parts of aboveground and underground were summed as the total net primary production. The following results were approached:

(1) The net primary production of *Potentilla fruticosa* bushland was the highest; its dry material was accumulated to 1692.1g/m<sup>2</sup>.yr.; aboveground 176.1g/m<sup>2</sup>.yr, underground 1516.0g/m<sup>2</sup>.yr, the ratio of aboveground to underground parts was 1:8.6.

(2) The net primary production of *Elymus nutans* artificial grassland was 831.4g/m<sup>2</sup>.yr; aboveground 515.0g/m<sup>2</sup>.yr, underground 316.4g/m<sup>2</sup>.yr. Their ratio was 1:0.6.

(3) The net primary production of *Elymus nutans* meadow was 600.08g/m<sup>2</sup>.yr; aboveground 258.2g/m<sup>2</sup>.yr, underground 341.88g/m<sup>2</sup>. yr. Their ratio was 1:1.3.

(4) The net primary production of *Kobresia humilis* meadow was 772.9g/m<sup>2</sup>.yr; aboveground 190.3g/m<sup>2</sup>.yr, underground was 582.6g/m<sup>2</sup>.yr. Their ratio was 1:3.06.

These data have been compared with some foreign literatures.