

# 典型草地地上现存生物量资产动态

李士美<sup>1,2</sup>, 谢高地<sup>1</sup>, 张彩霞<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:**生物量不仅是物质的载体, 还是能量和价值的载体, 也是评价生态系统结构和功能的重要指标。基于内蒙古站和海北站的已有动态监测成果, 本研究分析了羊草十大针茅群落和矮嵩草草甸的地上现存生物量资产动态。羊草十大针茅群落和矮嵩草草甸的地上现存生物量动态曲线均呈单峰型, 羊草十大针茅群落地上现存生物量的最大值为 197.21 g/m<sup>2</sup>, 矮嵩草草甸的地上现存生物量最大值为 307.75 g/m<sup>2</sup>。羊草十大针茅群落和矮嵩草草甸的地上部分能量现存量动态曲线基本与地上现存生物量动态曲线一致, 2 个群落地上部分的能量现存量积累速率都与地上现存生物量积累速率呈显著的相关性。羊草十大针茅群落的地上部分能量现存量最大值为 3 637.8 kJ/m<sup>2</sup>, 矮嵩草草甸地上部分的能量现存量峰值为 5 964.20 kJ/m<sup>2</sup>。羊草十大针茅群落和矮嵩草草甸的地上现存生物量价值曲线与地上现存生物量和能量现存量曲线存在显著差异。羊草地上现存生物量价值的最大值为 584.95 元/hm<sup>2</sup>, 而大针茅的最大现存生物量价值为 300.93 元/hm<sup>2</sup>。矮嵩草草甸的地上现存生物量价值的峰值为 2 066.84 元/hm<sup>2</sup>。草地在生物量积累过程中, 也形成了气体调节价值。羊草十大针茅群落释放 O<sub>2</sub> 的最大价值为 742.40 元/hm<sup>2</sup>, 固定 CO<sub>2</sub> 的最大价值为 1 484.89 元/hm<sup>2</sup>。矮嵩草草甸群落释放 O<sub>2</sub> 的最大价值量为 1 158.52 元/hm<sup>2</sup>, 固定 CO<sub>2</sub> 的最大价值为 2 317.20 元/hm<sup>2</sup>。

**关键词:**地上现存生物量; 能量现存量; 现存生物量资产; 羊草; 大针茅; 矮嵩草草甸

**中图分类号:** S812.5; Q945.79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-5759(2009)04-0001-08

\* 生物量是研究生态系统第一性生产力的基础, 是生态系统物质循环的重要载体和能量流动的重要环节, 也是评价生态系统结构和功能的重要指标。20 世纪 60—70 年代, 诸多研究者对草地净生产量进行了研究, 国际生物学计划 (IBP) 和人与生物圈计划 (MAB) 一度将草地初级生产量的研究作为研究的重点<sup>[1~3]</sup>。几乎与此同时, 我国开展了内蒙古自治区及其东西部毗邻地区天然草场的综合考察, 对天然草场生产力进行了研究<sup>[4]</sup>。

草地是我国面积最大的陆地生态系统, 我国天然草原约占国土面积的 40%<sup>[5]</sup>。为深入研究草地生态系统的结构和功能及其生产力提高途径, 中国科学院于 1976 年建立海北高寒草甸生态系统定位站 (海北站) 和 1979 年建立内蒙古草原生态系统研究站 (内蒙古站)。内蒙古站是我国温带典型草原最具有代表性的区域, 海北站则是我国高寒草甸的代表性区域。温带典型草原在我国主要分布于呼伦贝尔高平原的西部, 锡林郭勒高平原的大部分地区以及阴山北麓、大兴安岭南端、西辽河平原等地, 总面积约 4.1 × 10<sup>7</sup> hm<sup>2</sup>, 约占我国草地总面积的 10.5%<sup>[6]</sup>。高寒草甸是青藏高原典型的高原地带性植被类型之一, 其中嵩草属 (*Kobresia* spp.) 植物为优势物种, 地理范围北起青海省东北部的祁连山东段, 经甘南、川西、云南北部直至喜马拉雅山, 呈弧形围绕在青藏高原东半部<sup>[7]</sup>。

内蒙古站和海北站建立之初就开展了草地生态系统生产力的研究。1978 年, 杨福国等<sup>[8]</sup>最早开展了对海北高寒灌丛和高寒草甸的初级生产量的研究。杨福国等<sup>[9]</sup>连续 5 年对矮嵩草 (*Kobresia humilis*) 草甸的地上生物量动态进行了研究, 发现草地地上和地下生物量都表现为较明显的季节性变化和年际变化。而对于典型草原生态系统, 姜恕等<sup>[10]</sup>对羊草 (*Leymus chinensis*) 草原群落和大针茅 (*Stipa grandis*) 群落生物量进行了比较研究。当前, 草地生物量与相关生态因子关系的研究成为草地生态研究的热点问题之一, 如 Xiao 等<sup>[11,12]</sup>对锡林河流域的羊草草原和大针茅草原地上生物量的年际变化与降水量和气温的关系进行了研究。钟海民等<sup>[13]</sup>报道气温是影响草地生物量的主要因子, 降水对生物量的影响不显著。张法伟等<sup>[14]</sup>研究发现地上生物量季节变化与地面热

\* 收稿日期: 2008-09-23; 改回日期: 2008-11-02

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30770410) 和国家重点基础研究发展计划 (2009CB421106) 资助。

作者简介: 李士美 (1981-), 男, 山东菏泽人, 在读博士。E-mail: lism.07b@igsrr.ac.cn

源强度具有显著的正相关关系。柳小妮等<sup>[15]</sup>则对高寒草甸不同退化阶段的群落结构进行了研究。

然而,以往的研究多是注重生物量物理量的研究,而生物量不仅是物质的载体,还是能量和价值的载体,因而综合研究草地生物量的物理量、能量和价值量动态对生态系统结构、功能和价值的揭示具有重要的理论意义,同时,对畜牧业的科学发展也具有重要的实践意义。本研究将生物量的物理量、能量和价值量统称为生物量资产,旨在突出生物量不仅是生态系统物质循环的载体,还是生态系统能量流动的重要环节,同时也是生态系统服务价值的重要构成。

本研究整合内蒙古站和海北站的动态监测成果,研究典型草地生物量资产动态,分析草地生物量资产的物理量、能量和价值量动态变化,旨在探讨草地生物量资产的积累过程,以增进对草地生态系统服务形成机理的理解,并为生态系统服务价值评价方法提供科学依据,进一步增强生态系统服务功能价值评估的科学性。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

本研究选取以内蒙古站为代表的温带典型草原生态系统和以海北站为代表的高寒草甸生态系统为研究对象。

内蒙古站位于内蒙古高原锡林河流域(43°38' N, 116°42' E, 海拔 1 100 m)。锡林河流域属于大陆性气候中的温带半干旱草原气候。年平均气温-0.4℃,最冷月(1月)平均气温为-22.3℃,最热月(7月)平均气温达到18.8℃。年平均降水量350 mm。降水量月际间差异很大,主要集中于6-9月,约占全年降水量的80%。本区的主要土壤类型为栗钙土<sup>[10]</sup>。羊草群落和大针茅群落是该区分布最广的植物群落,对欧亚大陆温带草原具有广泛的代表性。羊草草原的建群种是早生根茎型禾草羊草,其次分别为大针茅、洽草(*Koeleria cristata*)、冰草(*Agropyron cristatum*)等早生密丛禾草,禾草是构成群落的主体,其重量可达群落总生物量的80%。大针茅群落是以大针茅、小禾草[洽草、冰草、糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)]等早生密丛禾草占显著优势,约占其生物量的85%。草原植物生产期约150 d。

海北站地处37°29'~37°45' N, 101°12'~101°33' E, 平均海拔3 200 m。海北实验站地区呈典型的大陆气候,具有较长且寒冷的冬季和较短而凉爽的夏季。年平均气温为-1.7℃,最高气温为23.7℃,最低气温为-37.1℃。年降水量为426~860 mm,其中80%的降水集中在每年的5-9月。海北实验站地区土壤的主要类型为高山草甸土、高山灌丛草甸土和沼泽土。高寒草甸和高寒灌丛是海北站地区的2种主要的植被类型。高寒草甸以矮嵩草、高山嵩草(*K. pygmaea*)、藏嵩草(*K. tibetica*)等草甸为主。高寒灌丛以金露梅(*Potentilla fruticosa*)为主,主要分布于山地阴坡和地下水位较高的地段。植物生长期平均为150 d,植物种类组成较少。

### 1.2 研究方法

内蒙古站羊草+大针茅群落的基础数据主要有:1985年(平产年份)的地上现存生物量实测数据<sup>[16,17]</sup>,1988年的群落、种群热值的动态变化数据<sup>[18]</sup>,1981年的羊草和大针茅的粗蛋白含量数据<sup>[6]</sup>。其中,羊草+大针茅群落地上生物量采用样方收割法每隔半月测定1期(5月15日-9月15日),每期测定20个1 m<sup>2</sup>的样方。

海北站矮嵩草草甸的主要基础数据为:1985年(平产年份)的地上现存生物量实测数据<sup>[9]</sup>,1980年的种群热值动态数据<sup>[7]</sup>,王启基等<sup>[19]</sup>的矮嵩草草甸营养成分数据。其中,地上现存生物量测定用定期收割法(每隔半月),每次测定6个0.5 m×0.5 m的样方,测定时间为5-9月生长季节。

地上部分的能量现存量用下式计算:

$$ASE = CV \times B$$

式中,ASE为群落或种群地上部分的能量现存量;CV为群落或种群干重热值;B为群落或种群地上现存生物量。

牧草粗蛋白质含量是决定牧草营养价值和价格的重要因素<sup>[20]</sup>。苜蓿(*Medicago sativa*)是优良的牧草,目前国内自然晾晒的苜蓿草,其粗蛋白质含量为17%~18%,国内市场价为800~1 200元/t。自然晾晒的牧草含水量一般为13%~18%。根据苜蓿的粗蛋白质单价折算2种类型草地地上现存生物量的价值。

地上现存生物量的价值计算如下:

$$V = B \times CP \times 1\ 000 / (17.5\% \times 85\%)$$

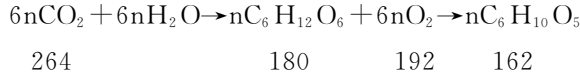
式中,  $V$  为群落或种群地上现存生物量的价值量;  $B$  为群落或种群地上现存生物量;  $CP$  为牧草粗蛋白质含量; 17.5% 为苜蓿草粗蛋白质含量的均值; 85% 为苜蓿草干物质含量(自然晾晒的苜蓿草含水量取 15%); 1 000 为苜蓿草的单价均值。

生物资产积累速率按下式计算:

$$AR = (W_{t+1} - W_t) / (t_{t+1} - t_t)$$

式中,  $AR$  为地上现存生物量资产积累速率, 可以为地上现存生物量、能量现存量或价值量;  $W_{t+1}$  代表  $t+1$  时期的地上现存生物量、能量现存量或价值量;  $W_t$  为  $t$  时期的地上现存生物量、能量现存量或价值量;  $t_{t+1} - t_t$  为 2 个日期期间的天数。

通过光合作用方程计算草地生态系统释放  $O_2$  和吸收  $CO_2$  的物质质量:



即植物体每积累 1 g 干物质, 释放 1.19 g  $O_2$ , 吸收 1.63 g  $CO_2$ 。根据草地各阶段地上生物量计算草地在生物量积累过程中释放  $O_2$  和吸收  $CO_2$  量。草地释放  $O_2$  的单价取造林成本法(0.352 9 元/kg)和工业制氧法(0.400 0 元/kg)的均值。草地  $CO_2$  固定的价值运用造林成本法(0.260 9 元/kg)和碳税法(1.245 0 元/kg)的均值计算其价值<sup>[21]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 地上现存生物量的动态

羊草十大针茅群落和矮嵩草草甸群落的地上现存生物量曲线都是单峰型(图 1 和 2)。羊草十大针茅群落地上现存生物量达到峰值的日期为 9 月 1 日, 而羊草和大针茅地上现存生物量达到峰值的日期分别为 8 月 15 日和 8 月 1 日, 三者相应的峰值依次为 197.21, 75.86 和 47.09 g/m<sup>2</sup>。羊草和大针茅种群的地上现存生物量峰值分别占相应时期地上现存总生物量的 38.78% 和 24.61%。在整个生长季节内, 羊草的地上现存生物量都大于大针茅的地上现存生物量, 这主要是由羊草和大针茅的光合生态特性决定的, 如羊草的低温、高温补偿点和饱和点均大于大针茅<sup>[22]</sup>。群落地上现存生物量与羊草和大针茅地上现存生物量的关系显著, 相关系数均为 0.986, 然而只有大针茅的生物量积累速率与群落生物量积累速率的相关性系数达到显著性水平( $r=0.72, P=0.044 < 0.05$ )。

矮嵩草草甸的禾草类种群主要包括异针茅(*S. aliena*)、羊茅(*Festuca ovina*)、早熟禾(*Poa sp.*)等禾本科草类; 莎草类包括矮嵩草、小嵩草(*K. pygmaea*)、苔草(*Carex sp.*)、二柱头蔗草(*Scripus distigmaticus*); 杂类草是指上述 2 种类别以外的所有种群。矮嵩草草甸地上现存生物量的峰值出现日期为 9 月 15 日, 峰值为 307.75 g/m<sup>2</sup>,

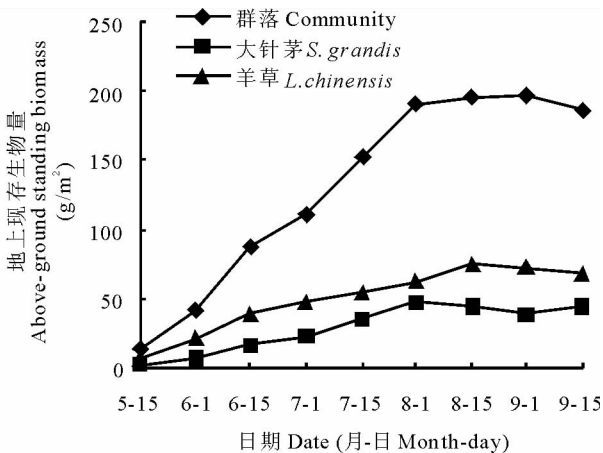


图 1 羊草十大针茅群落地上现存生物量动态曲线  
Fig. 1 Dynamic curves of above-ground standing biomass of *L. chinensis* and *S. grandis* community

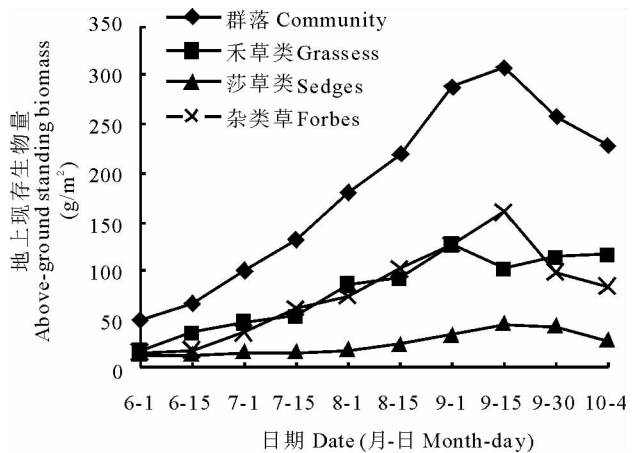


图 2 矮嵩草草甸地上现存生物量动态曲线  
Fig. 2 Dynamic curves of above-ground standing biomass of *K. humilis* meadow

禾草类、莎草类和杂类草达到峰值的日期分别为9月1日,9月15日和9月15日。矮蒿草草甸地上现存总生物量达到峰值时,禾草类、莎草类和杂类草占总生物量的比例分别为33.23%,14.62%和52.15%。矮蒿草群落的地上现存生物量与禾草类、莎草类和杂类草的相关性均极显著( $P < 0.01$ )。对群落地上现存生物量积累速率的相关性分析结果表明,群落地上现存生物量积累速率与莎草类( $r = 0.851, P = 0.04$ )和杂类草( $r = 0.893, P = 0.01$ )的相关性显著。

## 2.2 草地地上部分的能量现存量动态

草地地上部分的能量现存量的动态曲线与地上生物量动态曲线基本一致(图3和4),这主要是由于群落和种群的热值在整个生长季变化较小,影响地上部分能量现存量的主要因素是草地地上生物量。鲍雅静等<sup>[23]</sup>也发现热值是植物相对稳定的性质,热值变化的幅度较小(一般小于10%)。羊草十大针茅群落的热值在17.96~18.49 kJ/g波动,而羊草和大针茅的热值则分别为 $18.26 \pm 0.31$ 和 $18.57 \pm 0.31$  kJ/g。王伟和刘钟龄<sup>[18]</sup>研究发现,在生长季内,羊草的热值变化呈波动型趋势,而大针茅的热值变化则是单峰型。

羊草十大针茅群落地上部分的能量现存量的最大值出现在9月1日,最大值为3637.8 kJ/m<sup>2</sup>。羊草和大针茅地上部分的能量现存量最大值分别为1396.49和898.95 kJ/m<sup>2</sup>。群落地上部分的能量现存量与羊草和大针茅地上部分的能量现存量的相关性极显著,相关系数分别为0.984和0.983。群落地上部分的能量现存量积累速率与群落地上生物量积累速率的相关系数为0.996,相关性极显著( $P < 0.01$ )。

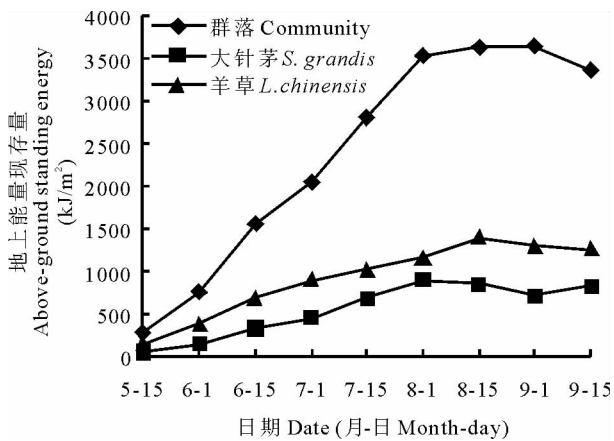


图3 羊草十大针茅群落地上部分的能量现存量动态曲线

Fig. 3 Dynamic curves of above-ground standing energy of *L. chinensis* and *S. grandis* community

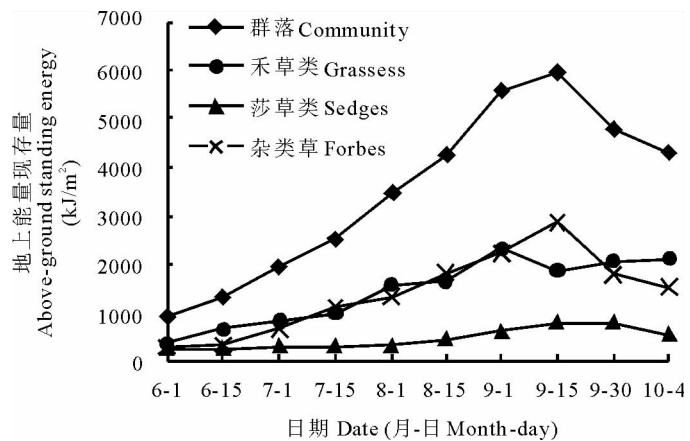


图4 矮蒿草草甸地上部分的能量现存量动态曲线

Fig. 4 Dynamic curves of above-ground standing energy of *K. humilis* meadow

矮蒿草草甸返青期的群落热值最低,为18.10 kJ/g,生长旺盛期热值最高,为19.38 kJ/g。禾草类和杂类草在整个生长季热值变化较小。矮蒿草草甸的地上部分能量现存量的峰值出现在9月15日,峰值为5964.20 kJ/m<sup>2</sup>,此时禾草类、莎草类和杂类草的地上部分能量现存量分别为1870.15,793.80和2872.65 kJ/m<sup>2</sup>。禾草类、莎草类和杂类草地上部分的能量现存量的最大值分别为2330.15,793.80和2872.95 kJ/m<sup>2</sup>。群落地上部分的能量现存量与杂类草地上部分的能量现存量的相关性最强( $r = 0.977$ ),其次为禾草类( $r = 0.944$ )和莎草类( $r = 0.887$ )。矮蒿草草甸地上部分的能量现存量积累速率与群落地上生物量积累速率具有极显著的相关性( $r = 0.998, P < 0.01$ )。群落地上部分的能量现存量积累速率与莎草类( $r = 0.821, P = 0.007$ )和杂类草( $r = 0.909, P = 0.01$ )地上生物量积累速率具有显著的相关性。

## 2.3 草地地上现存价值量动态

牧草生长的不同阶段,其营养物质的含量也有很大的变化,在生长的早期阶段,蛋白质含量比较高,随牧草的生长,可消化蛋白质的含量逐渐减少,粗纤维则呈相反的趋势,而牧草的营养品质和价值主要由粗蛋白质和粗纤维的含量决定。鉴于数据的可获得性,本研究仅基于牧草粗蛋白质含量的变化分析草地地上生物量的价值量变

化。羊草生长初期的粗蛋白质含量高达 16.78%，而到了枯草期仅为 5.78%，平均粗蛋白质含量为 12.94%。在整个生长季，大针茅粗蛋白质含量都较同时期的羊草粗蛋白质含量低，大针茅生长初期的粗蛋白质含量为 15.09%，枯草期的粗蛋白质含量为 5.54%。矮嵩草草甸的最高粗蛋白质含量为 14.74%。

草地上现存价值量曲线与生物量和能量现存量曲线存在较大差异(图 5)。由于羊草+大针茅群落的粗蛋白质含量动态数据缺失，图 5 没有显示羊草+大针茅群落的现存价值量曲线。从 5 月中旬—7 月初，羊草种群地上现存价值量快速上升，这主要是因为这段时期羊草快速生长，7 月—8 月初，羊草地上现存价值量基本保持稳定，8 月 15 日，羊草地上现存价值量达到峰值，为 584.95 元/hm<sup>2</sup>，此后开始下降，9 月 15 日羊草枯黄期其价值量仅为 266.56 元/hm<sup>2</sup>。大针茅的地上现存价值量的最大值出现在 7 月 15 日，为 300.93 元/hm<sup>2</sup>。羊草地上现存价值量积累速率与羊草生物量积累速率呈显著的相关性( $r=0.89, P=0.003$ )。

矮嵩草草甸的地上现存价值量的最大值出现在 9 月 15 日，为 2 066.84 元/hm<sup>2</sup>。矮嵩草草甸的价值量快速增加的时期是 6 月中旬—8 月中旬，其中 6 月中旬—7 月中旬的价值量每日积累 21.20 元/hm<sup>2</sup>，7 月 15 日—8 月 15 日的地上生物量价值量积累速率为 22.17 元/(hm<sup>2</sup>·d)。而在 8 月中旬—9 月中旬变化不大，9 月中旬以后地上现存价值量迅速下降。

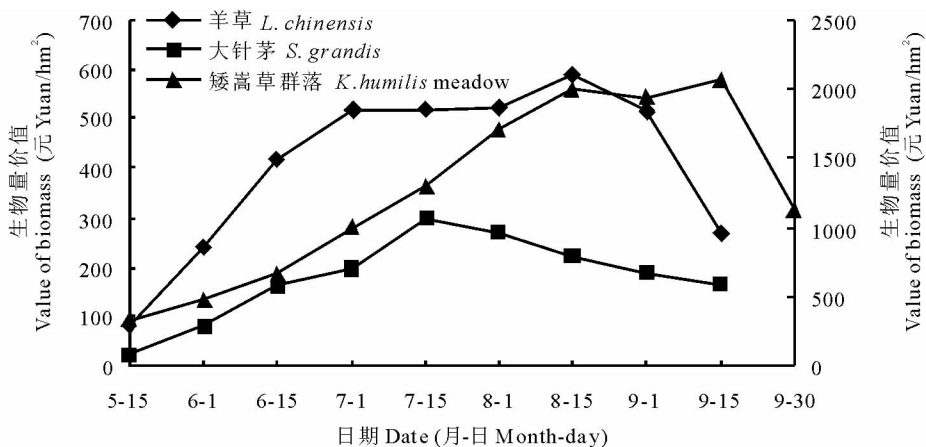


图 5 羊草+大针茅群落和矮嵩草草甸地上生物量价值的动态曲线

Fig. 5 Dynamic curves of above-ground biomass value of *L. chinensis* and *S. grandis* community and *K. humilis* meadow

左侧尺度:羊草、大针茅;右侧尺度:矮嵩草群落 Left-hand scale: *L. chinensis* and *S. grandis*;

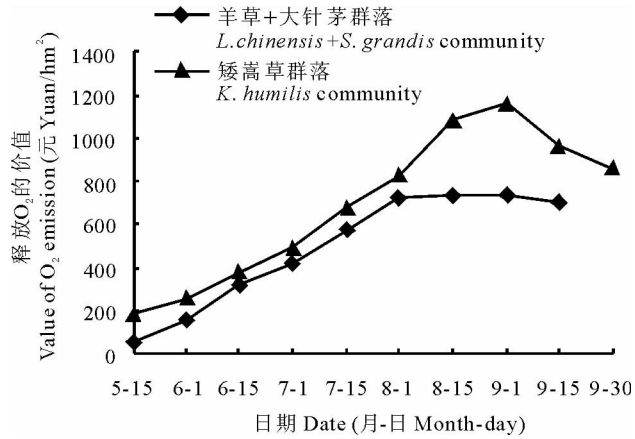
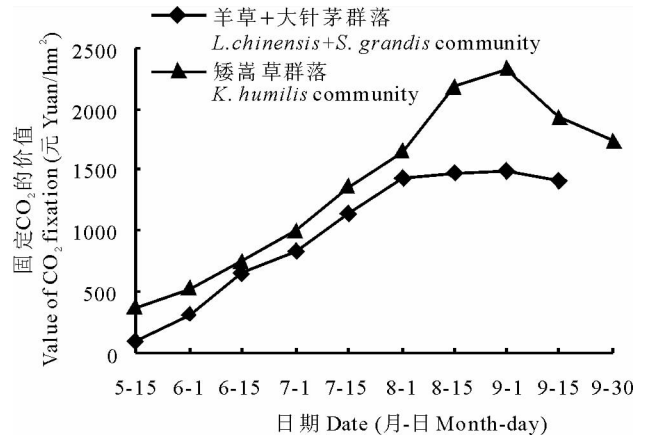
Right-hand scale: *K. humilis* meadow

## 2.4 草地气体调节的价值动态

草地植物通过光合作用固定 CO<sub>2</sub>, 释放 O<sub>2</sub>, 积累生物量。因而, 草地生物量累积的过程也是草地气体调节价值不断累积的过程。气体调节价值的累积曲线也是单峰型, 草地地上现存生物量积累达到峰值时, 草地气体调节的价值也相应达到最大值(图 6 和 7)。羊草+大针茅群落释放 O<sub>2</sub> 的最大价值量为 742.40 元/hm<sup>2</sup>, 固定 CO<sub>2</sub> 的最大价值量为 1 484.89 元/hm<sup>2</sup>。矮嵩草草甸群落释放 O<sub>2</sub> 的最大价值量为 1 158.52 元/hm<sup>2</sup>, 固定 CO<sub>2</sub> 的最大价值量为 2 317.20 元/hm<sup>2</sup>。在整个生长季, 羊草+大针茅群落的气体调节价值均低于矮嵩草草甸。肖玉等<sup>[24]</sup>报道不同施肥处理稻田释放 O<sub>2</sub> 的累积价值量为 6.74×10<sup>3</sup>~13.01×10<sup>3</sup> 元/hm<sup>2</sup>, 而 CO<sub>2</sub> 吸收的累积价值量为 3.48×10<sup>3</sup>~7.70×10<sup>3</sup> 元/hm<sup>2</sup>。本研究中山地的气体调节价值较低, 主要是由于草地的地上生物量低于农田。

## 3 结论与讨论

草地生态系统的植物群落通过光合作用提供净初级生产物质, 为消费者和分解者提供必需的物质和能量。草地生态系统提供初级生产物质的功能具有重要的意义和价值, 它既是草地生态系统功能能否正常发挥的基本条件, 同时也是进行次级物质生产的基础<sup>[25,26]</sup>。因而, 草地生物量不仅是一个物质积累的指标, 还是生态系统初级能量和价值的载体, 本研究将三者统称生物量资产。然而, 以往的研究多是注重生物量动态变化的研究, 而缺

图6 2个群落释放O<sub>2</sub>价值量的累积曲线Fig. 6 Accumulation curves of O<sub>2</sub> emission of the two communities图7 2个群落固定CO<sub>2</sub>价值量的累积曲线Fig. 7 Accumulation curves of CO<sub>2</sub> fixation of the two communities

乏对草地生态系统能量和价值初级生产的研究。

研究发现群落和种群地上部分的能量现存量的季节变化,主要受地上生物量的制约,其动态规律基本与地上生物量的变化相一致,热值的变化对其影响程度较小,这与郭继勋和王若丹<sup>[27]</sup>对东北草原羊草的能量动态规律的研究结果一致。然而,郭继勋和王若丹<sup>[27]</sup>报道东北羊草种群地上部能量现存量最大值为 8 518.24 kJ/m<sup>2</sup>,而本研究中羊草+大针茅群落和种群的热值显著低于东北草原,可以归因于 2 个方面:1)东北羊草的热值高于羊草+大针茅群落和种群的热值,东北羊草植株的热值为 18.73~20.74 kJ/g,而羊草+大针茅群落的热值为 17.96~18.49 kJ/g,羊草的平均热值仅为 18.26 kJ/g,这主要是由于环境因子的差异造成的。2)2 种类型草地上生物量的差异。东北羊草草原的地上生物量显著高于羊草+大针茅群落。此外,本研究中羊草+大针茅群落的地上部分能量现存量也低于矮嵩草草甸,也是因为矮嵩草草甸的地上现存生物量和热值均高于羊草+大针茅群落。

粗蛋白质含量是影响牧草营养价值和价值量的重要因素。本研究基于 2 种类型草地不同时期的粗蛋白质含量分析了草地的价值量动态,这在国内尚属首次报道。然而,影响牧草价值的因素还有粗纤维含量、消化率等指标,因此对草地生物量价值的评价可能不太精确。研究发现羊草和大针茅地上现存价值量的最大值分别为 584.95 和 300.93 元/hm<sup>2</sup>,而矮嵩草草甸的地上生物量的价值为 2 066.84 元/hm<sup>2</sup>。依据谢高地等<sup>[26]</sup>制定的中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值表,中国草地生态系统单位面积原材料和食物生产的价值仅为 309.7 元/hm<sup>2</sup>。本研究发现羊草+大针茅群落释放 O<sub>2</sub> 的最大价值量为 742.40 元/hm<sup>2</sup>,固定 CO<sub>2</sub> 的最大价值为 1 484.89 元/hm<sup>2</sup>,然而,目前国内草地生态系统单位面积的气体调节价值的均价为 707.9 元/hm<sup>2</sup><sup>[26,28]</sup>。比较发现,无论是草地的原材料生产和食物生产价值,还是气体调节价值,其单位面积的价值都存在显著的差异。因而,有必要基于定位台站开展生态系统服务形成机理和强度的长期监测研究,从而提高生态系统服务价值评估的准确性和科学性。

本研究对 2 种类型的草地生物量资产进行了研究,初步分析了 2 种类型草地的地上生物量、能量现存量和价值量动态,对揭示草地生态系统服务功能形成机理具有重要意义,有助于进一步增强生态系统服务功能价值评估的科学性,并对草地生态系统管理具有理论指导意义。

#### 参考文献:

- [1] Hadley E B, Buccos R P. Plant community composition and net primary production within a native Eastern North Dakota prairie[J]. American Midland Naturalist, 1967,77(1):116-127.
- [2] Heal O W, Perkins D F. Studies on montane grassland and moorlands[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London(Series B),1976,274: 95-314.

- [3] Sims P L, Singh J S. The structure and function of ten western North American grasslands III. Net primary production, turnover and efficiencies of energy capture and water[J]. *Journal of Ecology*, 1978,66(2): 573-597.
- [4] 中国科学院内蒙古宁夏综合考察队. 内蒙古自治区及其东西部毗邻地区天然草场[M]. 北京:科学出版社,1980.
- [5] 赵有益,龙瑞军,林慧龙,等. 草地生态系统安全及其评价研究[J]. *草业学报*,2008,17(2):143-150.
- [6] 陈佐忠,汪诗平. 中国典型草原生态系统[M]. 北京:科学出版社,2000. 189.
- [7] 杨福国,王启基,史顺海. 青海海北地区矮蒿草草甸生物量和能量的分配[J]. *植物生态学与地植物学学报*,1987,11(2):105-111.
- [8] 杨福国,沙渠,张松林. 青海高原海北高寒灌丛和高寒草甸初级生产量[A]. 见:夏武平. 高寒草甸生态系统[C]. 兰州:甘肃人民出版社,1982. 44-50.
- [9] 杨福国,王启基,史顺海. 矮蒿草草甸生物量季节动态和年间动态[A]. 见:中国科学院西北高原生物研究所. 高寒草甸生态系统国际学术讨论会论文集[C]. 北京:科学出版社,1989. 61-71.
- [10] 姜恕,戚秋慧,孔德珍. 羊草草原群落和大针茅草原群落生物量的初步比较研究[A]. 见:中国科学院内蒙古草原生态系统定位站. 草原生态系统研究(第一集)[C]. 北京:科学出版社,1985. 12-17.
- [11] Xiao X M, Wang Y F, Jiang S, *et al.* Interannual variation in the climate and above-ground biomass of *Leymus chinense* steppe and *Stipa grandis* steppe in the Xilin river basin, Inner Mongolia, China[J]. *Journal of Arid Environment*, 1995,31:283-299.
- [12] Xiao X M, Jiang S, Wang Y F, *et al.* Temporal variation in aboveground biomass of *Leymus chinense* steppe from species to community levels in the Xilin River Basin, Inner Mongolia, China[J]. *Vegetation*, 1996,123:1-12.
- [13] 钟海民,杨福国,陆国泉,等. 高寒矮蒿草草甸的地上生物量与气象因子的关系[J]. *中国草地*,1991,4:7-11.
- [14] 张法伟,刘安花,李英年,等. 高寒矮蒿草草甸地面热源强度及与生物量关系的初步研究[J]. *中国农业气象*,2007,28(2):144-148.
- [15] 柳小妮,孙九林,张德罡,等. 东祁连山不同退化阶段高寒草甸群落结构与植物多样性特征研究[J]. *草业学报*,2008,17(4):1-11.
- [16] 刘钟龄,李忠厚. 内蒙古羊草十大针茅草原植被生产力的研究 I. 群落总生产量的分析[J]. *干旱区资源与环境*,1987,1(Z1):13-33.
- [17] 刘钟龄,李忠厚. 内蒙古羊草十大针茅草原植被生产力的研究 II. 种群地上现存生物量的研究[J]. *干旱区资源与环境*,1988,2(1):1-19.
- [18] 王炜,刘钟龄. 羊草草原群落及其主要植物种群地上部分热值动态的研究[J]. *干旱区资源与环境*,1993,7(2):61-75.
- [19] 王启基,王文颖,邓自发. 青海海北地区高山嵩草草甸植物群落生物量动态及能量分配[J]. *植物生态学报*,1998,22(3):222-230.
- [20] 高宏岩,施海燕,王剑红,等. 甘肃禾本科饲用植物 11 个属的牧草质量分析[J]. *草业学报*,2008,17(1):140-144.
- [21] 欧阳志云,王效科,苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. *生态学报*,1999,19(5):607-613.
- [22] 杨宗贵,杜占池. 不同生长时期羊草大针茅光合速率与气温关系的比较研究[J]. *植物生态学与地植物学学报*,1989,13(4):367-371.
- [23] 鲍雅静,李政海,仲延凯,等. 不同频次刈割对羊草草原主要植物种群能量现存量的影响[J]. *植物学通报*,2005,22(2):153-162.
- [24] 肖玉,谢高地,鲁春霞,等. 稻田气体调节功能形成机制及其累积过程[J]. *生态学报*,2005,25(12):3282-3288.
- [25] 于格,鲁春霞,谢高地. 草地生态系统服务功能的研究进展[J]. *资源科学*,2005,27(6):172-179.
- [26] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. *自然资源学报*,2003,18(2):189-196.
- [27] 郭继勋,王若丹. 东北草原优势植物羊草热值和能量特征[J]. *草业学报*,2000,9(4):28-32.
- [28] 彭皓,李镇清. 锡林河流域天然草地生态系统服务价值评价[J]. *草业学报*,2007,16(4):107-115.

## Dynamics of the above-ground standing biomass assets of typical grassland

LI Shi-mei<sup>1,2</sup>, XIE Gao-di<sup>1</sup>, ZHANG Cai-xia<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Biomass is not only a carrier of material, but also a carrier of energy and value. It is an important index for evaluation of ecosystem structure and function. Based on existing observations at the Inner Mongolia Grassland Ecosystem Research Station and Haibei Alpine Meadow Ecosystem Research Station, the dynamics of the above-ground biomass assets of a *Leymus chinensis* + *Stipa grandis* community and a *Kobresia humilis* meadow were studied. The dynamic curves of above-ground biomass of these two communities were the single peak type, and the maximum above-ground standing biomass of the former was 197.21 g/m<sup>2</sup>, while that of the latter was 307.75 g/m<sup>2</sup>. The dynamic curves of above-ground standing energy of these two communities appeared the same shape as the above-ground biomass dynamic curves, whose peak value was 3 637.8 and 5 964.20 kJ/m<sup>2</sup>, respectively. The accumulative rate of above-ground standing energy was positively correlated to accumulative rate of above-ground biomass. The biomass value curves of the *L. chinensis*+*S. grandis* community and *K. humilis* meadow were quite different from above-ground biomass curve and above-ground standing energy curves, and the peak values of above-ground biomass value of *L. chinensis*, *S. grandis* and *K. humilis* meadow were 584.95, 300.93 and 2 066.84 yuan/hm<sup>2</sup>, respectively. During the process of biomass accumulation, grassland also produces a gas regulation value. The peak value for O<sub>2</sub> emission by the *L. chinensis* + *S. grandis* community and *K. humilis* meadow was 742.40 and 1 158.52 yuan/hm<sup>2</sup>, respectively, while that of CO<sub>2</sub> fixation was 1 484.89 and 2 317.20 yuan/hm<sup>2</sup>.

**Key words:** above-ground standing biomass; standing energy; standing biomass assets; *Leymus chinensis*; *Stipa grandis*; *Kobresia humilis* meadow