

高寒矮嵩草草甸再生草生长规律的初步研究*

王启基 杨福国 史顺海

(中国科学院西北高原生物研究所)

矮嵩草 (*Kobresia humilis*) 草甸是青藏高原主要牧场之一。它在草原畜牧业生产中占有重要的位置。矮嵩草草甸地上生物量和再生能力直接影响着高寒草甸生态系统的能量流动和物质循环,制约着草食家畜和草食野生动物的兴衰。

研究牧草的再生规律及生态因子、利用频度、强度和利用时间的相互关系,在畜牧业生产中具有重要的实践意义。牧草再生性的研究,国内外已有不少报道 (Баранова 等 1980; Горшкова, 1982; Heady, 1982; 阎贵兴等, 1982; 何得元等, 1985)。但对高寒草甸再生草的研究报道甚少。

本文通过对矮嵩草草甸再生草生物量季节动态以及主要生态因子对牧草再生能力影响的初步探讨,了解和掌握在高寒生境条件下再生草的生长发育规律和刈割对牧草生长的影响,为科学养畜,合理调正季节草场载畜量,发展季节畜牧业生产,提高草场生产力提供依据。

一、方法及内容

1981—1984年5—9月,在海北高寒草甸生态系统定位站对矮嵩草草甸再生草生长规律进行了研究。有关试验区的自然概况(杨福国, 1982)和植被(周兴民, 1982)已有专文,在此不再赘述。

再生草生物量的测定采用固定样方,以5—9月每月初为始牧期刈割初生草。然后按1、2、3个月的间隔期刈割第1次再生草,最后1次再生草均在9月中旬牧草枯黄前刈割。按不同的研究内容分17种处理,3次重复。样方面积为 50×50 厘米²,留茬高度为0.5厘米。

此外,还测定了留茬高度为2厘米,刈割高度为5厘米的条件下,一年生长季内刈割的次数和总生产量。样方面积为 50×50 厘米²,9次重复。并用自然区生物量作对照。刈割后立即称出鲜重,然后风干,并在85℃恒温下烘干24小时称烘干重。每次刈割时,同

* 本文承蒙内蒙古农牧学院富象乾、李德新副教授审阅,提出了宝贵意见,在此表示感谢。

时测定 0—10、10—20、20—30 厘米深的土壤温度和土壤含水量(其它气象资料均引用定位站气象站资料)。

本项研究以 1981 年观察测定为依据, 1982—1984 年作验证和补充。再生时间为 1 个月的条件下, 分析研究了矮嵩草草甸再生草生物量和再生强度的季节动态变化; 主要生态因子对再生强度的影响, 并用回归分析的方法探讨对牧草再生能力影响较大的生态因子和时间; 不同刈割时间、频度和留茬高度对地上生物量的影响。

二、结果与分析

(一) 矮嵩草草甸再生草生物量和绝对再生强度季节变化

矮嵩草草甸再生草生物量从牧草返青开始到牧草生长旺盛期(5月初—7月底)一直处于迅速增长的过程。此后, 随着气温逐渐下降, 植株衰老, 再生草生物量逐渐下降(表 1)。

表 1 矮嵩草草甸再生草生物量及绝对再生强度季节变化(烘干重)

Table 1 The seasonal changes of both biomass of regrowth and intensity of absoluty regrowth in *Kobresia humilis* meadow (oven-dry weight).

生长期* The growth period	再生天数 The days of regrowth	再生草生物量(克/米 ²) Biomass of regrowth (g/m ² , X±SD)	绝对再生强度(克/米 ² ·天) The intensity of absoluty regrowth (g/m ² ·day)	对照 Control
V,7—V1,5	29	22.67±3.0307	0.7816	1.0069
V1,5—V11,6	31	79.87±6.2832	2.5763	2.7613
V11,6—V111,6	31	118.67±18.1198	3.8280	4.1806
V111,6—1X,5	30	48.00±2.0000	1.6000	1.3600
1X,5—1X,14	9	2.00±—	0.2222	-3.4889

* 生长期从 4 月 20 日开始算起。

* The growth season started about 20 April.

矮嵩草草甸再生草生物量和生长时间的函数关系可用如下方程表示:

$$W = -231.7168 + 7.2313t - 0.0382t^2 \quad (1)$$

式中: W ——再生草生物量

t ——自牧草返青之日起的生长天数。

(显著性测验, 相关指数 $R = 0.9624$, 方程效果良好。)

为了分析再生草生物量的变化规律, 用生物量绝对增长速度(G) (吉田等, 1979), 以表示再生草生物量对时间的变化率。在取样时, 测定时间 t_i — t_k 期间的平均绝对再生强度(\bar{G}), 取样次数越多, 间隔时间越短, 平均值越接近瞬时值。

由于留茬高度为 0.5 厘米, 将刈割后的生物量假设为 0, 则:

$$\bar{G}_{(i-k)} = \frac{W_k}{t_k - t_i} \quad (2)$$

式中: W_k ——再生草生物量

t_k ——刈割再生草时间(天)

t_i ——刈割初生草时间(天)

将生长季各次测定的再生草生物量(W_k)和时间($t_{i,k}$), 逐次代入式(2)可以计算出不同

同生长季的绝对再生强度(表1)。说明矮嵩草草甸植物绝对再生强度具有明显的季节变化。绝对再生强度在返青期较低(0.7816克/米²·天);随着时间的延长,气温升高,绝对再生强度迅速增大,在植物生长旺盛期最高(3.828克/米²·天);从8月初绝对再生强度开始下降,至9月中旬停止生长。

绝对再生强度与时间的函数关系可用如下方程表示:

$$\bar{G} = -7.2568 + 0.2280t - 0.0012t^2 \quad (3)$$

式中: \bar{G} ——平均绝对再生强度

t ——自牧草返青之日起的生长天数

(显著性测验,相关指数 $R = 0.9400$, 方程效果良好。)

由方程(3)可以求得绝对再生强度最大时的时间 t 。由于二次方程的导数为0, a 对于 x 的导数为0, bx 的导数等于 b , cx^2 的导数等于 $2cx$ 。故得:

$$0.2280 + 2(-0.0012)t = 0 \quad (4)$$

$$t = 95(\text{天}) \quad G = 3.5732 \text{ 克/米}^2 \cdot \text{天}$$

说明矮嵩草草甸植物绝对再生强度自牧草返青之日起第95天最大,即7月下旬。此时可适当增大载畜量,利用夏秋草场开展季节畜牧业生产。

矮嵩草草甸植物绝对再生强度的季节变化呈典型的单峰式曲线(图1),它反映了矮嵩草草甸地上生物量的积累状态和有机质的生产速率,并启示我们在牧草返青期,若能及时迁出冬场,则有利于冬春草场植物的生长发育。

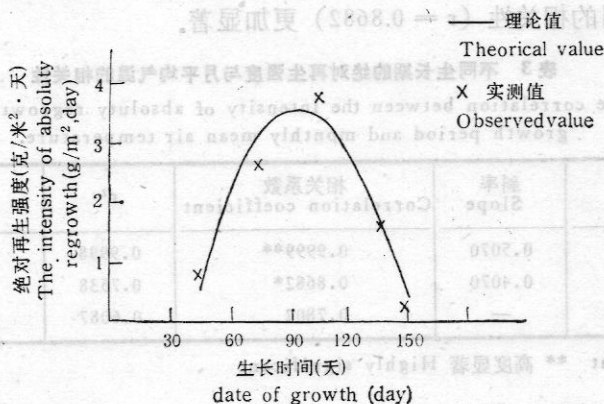


图1 矮嵩草草甸植物再生强度季节变化

Fig. 1 The seasonal changes of the intensity of regrowth in *Kobresia humilis* meadow

为了分析刈割对牧草生长发育的影响,用自然区牧草绝对生长强度作对照进行比较(表1),经 t 值显著性测验,5—7月份的刈割处理与对照组之间差异显著($P < 0.05$),8、9月份差异不显著($P > 0.05$)。可见从牧草返青期到生长旺盛期,刈割对矮嵩草草甸植物绝对生长强度影响较大。在这段时间内,刈割使植物光合器官——叶面积减少,导致绝对生长强度降低。另外,由于刈割阻止了植物的生殖生长,而减缓了植株的衰老,促进了植物的再生能力。如果不刈割,虽然在5—7月份绝对生长强度较高,但在生长后期由于生殖生长使植株提早衰老,绝对生长强度下降较快,到9月上旬植物不但不生长,生物量

反而下降,绝对生长强度出现负值。

(二) 主要生态因子对绝对再生强度的影响

草场生产力的高低,是植物对生态因子综合反应的结果(表2)。

表2 绝对再生强度与主要生态因子的相互关系

Table 2 The relation of intensity of absolute regrowth with main ecological factor.

生长期 Growth period	绝对再生强度 (克/米 ² ·天) The intensity of absolute regrowth (g/m ² ·day)	月平均气温 (°C) Mean air temperature of month (°C)	降水量 (毫米) Precipitation (mm)	不同深度土壤含水量(%) The water content in different soil depth(%)			
				0—10 (cm)	10—20 (cm)	20—30 (cm)	0—30 (cm)
V ₇ ,7—V ₁ ,5	0.7816	5.2	11.6	31.77	32.97	29.42	31.38
V ₁ ,5—V ₁₁ ,6	2.5763	8.8	83.0	34.91	28.72	27.03	30.22
V ₁₁ ,6—V ₁₁₁ ,6	3.8280	11.2	108.7	40.86	38.25	32.16	37.09
V ₁₁₁ ,6—1X ₅ ,5	1.6000	10.3	164.6	35.21	34.74	32.95	34.29
1X ₅ ,5—1X ₁₄ ,14	0.2222	4.3	108.8	44.50	40.88	36.72	40.70

1. 气温对绝对再生强度的影响: 定位站气温从4月中旬开始回升,7月份气温最高,月平均气温11.2°C,极端最高气温达27.5°C,持续一段时间后从8月初逐渐下降。气温在生长季的变化呈典型的单峰式曲线,它与绝对再生强度的变化曲线同形。

回归分析表明生长季的气温与绝对再生强度呈正相关(表3)。5—7月的相关性($r=0.9999$)比5—9月的相关性($r=0.8682$)更加显著。

表3 不同生长期的绝对再生强度与月平均气温的相关性

Table 3 The correlation between the intensity of absolute regrowth in different growth period and monthly mean air temperature.

生长期 Growth period	斜率 Slope	相关系数 Correlation coefficient	r^2	显著性测验 Significance test
V ₇ ,7—V ₁₁₁ ,6	0.5070	0.9999**	0.9998	$P<0.01$
V ₇ ,7—1X ₁₄ ,14	0.4070	0.8682*	0.7538	$P<0.05$
X ₇ ,7—1X ₅ ,5	—	0.7802	0.6087	$P>0.05$

* 显著 Significant ** 高度显著 Highly significant

根据它们的相关性,模拟的5—7月、5—9月绝对再生强度与气温的直线回归方程如下:

$$\hat{Y}_{(5-7)} = 0.5070T - 1.8635 \quad (5)$$

$$\hat{Y}_{(5-9)} = 0.4070T - 1.4381 \quad (6)$$

式中: \hat{Y} ——绝对再生强度的理论值

T ——生长季的月平均气温

通过对斜率 b , r 的 t 值测验和变量分析结果表明,5—7月的回归直线效果高度显著($P<0.01$),直线性是可信的,说明5—7月的气温与再生草绝对再生强度、生产量密切相关。

2. 降水量的季节分配对绝对再生强度的影响: 生长季的降水量及降水时间对植物生长发育影响较大(表4)。

从表 4 可知, 每年生长季内不同时期的降水量对矮嵩草草甸植物绝对再生强度的影响是不同的。其中以 5—6 月、6—7 月、5—7 月 3 个组合的降水量与绝对再生强度呈极显著的正相关; 5—8 月呈中等程度的正相关; 整个生长季(5—9 月)呈弱正相关。

表 4 不同时期的降水量与绝对再生强度的相关性

Table 4 The correlation between precipitation in different time and intensity of absolute regrowth.

对应的降水时间 The correspondence period of precipitation	斜 率 Slope	相关系数 (r) Correlation coefficient (r)	r ²
V ₇ -V ₁₁ ,6	0.0251	0.99999**	0.99998
V ₁ ,5-V ₁₁ ,6	0.0487	0.99998**	0.99996
V ₇ -V ₁₁ ,6	0.030	0.9868**	0.9738
V ₇ -1X,5	0.0080	0.3874	0.1501
V ₇ -1X,14	0.0055	0.1807	0.0327
V ₁₁ ,6-1X,14	—	-0.1364	0.0186
V ₁ ,5-1X,14	—	-0.2479	0.0615
V ₁ ,5-1X,5	—	-0.6153	0.3786
V ₁₁ ,6-1X,5	—	-0.99999**	0.99998

** 高度显著 Highly significant

同样, 从生长季各组合月份的降水量与再生草生产量的比例也类似上述结论。如整个生长季(5—9 月)总降水量为 476.3 毫米, 再生草总生产量为 271.2 克/米²; 5—7 月的降水量为 203.3 毫米, 占生长季总降水量的 42.68%, 再生草生产量为 221.2 克/米², 占再生草总生产量的 81.56%, 平均每 1 毫升的降水量可生产 1.0880 克干物质。8—9 月的降水量为 273.0 毫米, 占生长季总降水量的 57.32%, 再生草生产量为 50.0 克/米², 仅占总生产量的 18.44%, 平均每 1 毫米降水量只生产 0.1831 克干物质。虽然 8—9 月份降水量较大, 却不能被植物生长所充分利用。比较起来, 相关程度最强, 影响最大的还是 5—7 月的降水量。

由此可见, 在高寒草甸区降水的季节分配比全年总降水量对牧草的生长发育和再生能力更为重要。

3. 不同深度的土壤含水量对绝对再生强度的影响: 从表 5 可知, 5—8 月, 0—10 厘米的土壤含水量与绝对再生强度的关系极为密切, 其次是 10—20 厘米和 20—30 厘米深的土壤含水量。它与根系垂直分布(约有 80% 以上的根系分布在 0—10 厘米的土层中)特性紧密相关。

从生长发育阶段分析, 均以 6—7 月的关系最为密切, 其次是 5—7 月。而 5—6 月呈负相关, 这是由于越冬后的 5 月, 残留的冰雪逐渐融化, 土壤刚刚解冻。因此, 土壤含水量较高。但因气温较低, 植株幼小, 绝对再生强度很小; 6 月份随着气温的升高, 土壤蒸发量增大, 加之植物迅速生长使蒸腾强度增大。此时虽有降水补充, 但仍不能满足植物生长的需要, 而形成土壤水分供不应求的状况。在 6—7 月若能进行适当的灌水, 可达到提高产量的目的。

通过以上分析可以看出, 在高寒草甸区水热同季, 与牧草绝对再生强度趋于同形(图 2)。

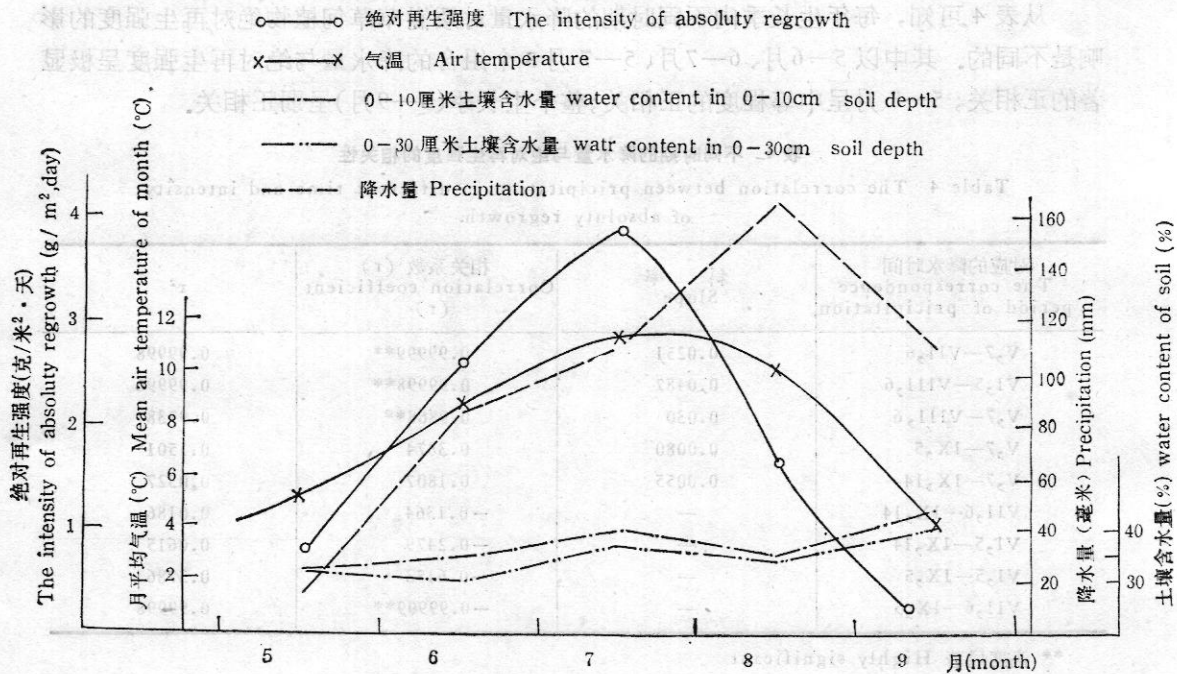


图2 矮嵩草草甸植物绝对再生强度与生态因子的关系

Fig. 2 The correlation between intensity of absolute regrowth of plants with ecological factor in *Kobresia humilis* meadow

表5 不同生长时期及不同深度土壤含水量与绝对再生强度的相关性

Table 5 The correlation between water content in different growth period and in different soil depth and intensity of absolute regrowth.

生长期 Growth period	土壤深度 Soil depth		0—10 cm		10—20 cm		20—30 cm		0—30 cm	
	斜率 slope	相关系数 r	斜率 slope	相关系数 r	斜率 slope	相关系数 r	斜率 slope	相关系数 r	斜率 slope	相关系数 r
V1,5—V111,6	0.2104	0.99997**	0.1313	0.99998**	0.2235	0.9159	0.1822	0.9998**		
V,7—V111,6	0.3188	0.9613**	0.1491	0.4648	0.2446	0.4100	0.2947	0.7077		
V,7—1X,5	0.3251	0.9383**	0.1653	0.5104	0.0542	0.1116	0.2502	0.5879		
V,7—V1,5	0.4917	0.9275	-0.4223	-0.99997	—	-0.99997	—	-0.99997		
V1,5—1X,5	0.2929	0.8790*	0.0996	0.4295	-0.0311	-0.0895	0.1517	0.4693		
V,7—1X,14	—	0.0018	—	-0.2008	—	-0.4167	—	-0.5885		
V111,6—1X,14	—	-0.99998**	—	-0.99999	—	-0.9997	—	-0.99999**		

* 显著 Significant ** 高度显著 Highly significant

为了找出影响牧草生长发育和再生能力的主导因子,我们进行了5—7月、5—9月的气温、降水量和土壤含水量等生态因子与绝对再生强度之间的相关显著性测验(表6)。

从表6可以看出,气温是影响高寒草甸植物生长发育的主导因子。从牧草返青至生长旺盛期(5月初—7月底)的气温和降水量与绝对再生强度呈强正相关,差异显著。此时它们的大小直接影响着再生草生物量的高低。

表 6 主要生态因子与绝对再生强度之间的相关显著性测验

Table 6 The correlative significance test main ecological factor with intensity of absolutly regrowth

生长期 Growth period	生态因子 Ecological factor	相关系数 r	标准 r 值 Standard r value	实测 t 值 Observed t value	标准 t 值 Standard t value	结 果 Result
V ₇ -VIII ₆ V ₇ -IX ₁₄	气温 Air tempe- rature	0.9999	$r_2^{0.01} = 0.9900$	70.5054	$t_2^{0.01} = 9.925$	$P < 0.01^{**}$
		0.8682	$r_4^{0.05} = 0.8114$	3.0305	$t_4^{0.05} = 2.776$	$P < 0.05^*$
V ₇ -VIII ₆ V ₇ -IX ₁₄	降水量 Pricipitation	0.9868	$r_2^{0.05} = 0.9500$	6.0935	$t_2^{0.05} = 4.303$	$P < 0.05^*$
		0.1807	$r_4^{0.05} = 0.8114$	0.3182	$t_2^{0.05} = 2.776$	$P > 0.05$
V ₇ -VIII ₆	土壤含水量 Water content of soil	0-10	$r_2^{0.05} = 0.9500$	3.4892	$t_2^{0.05} = 4.303$	$P > 0.05$
		0-30	$r_2^{0.05} = 0.9500$	1.0017	$t_2^{0.05} = 4.303$	$P > 0.05$
V ₇ -IX ₁₄	土壤含水量 Water content of soil	0-10	$r_4^{0.05} = 0.8114$	0.0031	$t_4^{0.05} = 2.776$	$P > 0.05$
		0-30	$r_4^{0.05} = 0.8114$	1.2607	$t_4^{0.05} = 2.776$	$P > 0.05$

* 显著 Significant ** 差异高度显著 Highly significant

上述分析为建立矮嵩草草甸地上生物量季节动态的预测预报提供了依据。笔者模拟了月平均气温、月降水量与再生草生产量的季节动态数学模型如下：

$$W = 16.5049T - 0.0321P - 62.7940 \quad (7)$$

式中：W——再生草生产量(克/米²)

T——月平均气温(°C)

P——月降水量(毫米)

根据式(7)预测预报的结果与1981年、1982年和1984年的实测结果进行验证(表7)。通过t值测验证明差异不显著($P > 0.3$)，说明预测预报的效果较为满意。

表 7 预测模型的理论值与实测值的比较(克/米²)

Table 7 The theoretical value of productions model compared with the observed value (g/m²)

年份 Years	生物量 Biomass	生长季 Growth season	5月	6月	7月	8月	9月	合计	t 值测验 t value test
			May	June	July	Aug.	Sept.	Total	
1981	理论值* 实测值**		22.67	79.86	118.7	102.1	4.78	328.11	$P > 0.3$
			22.67	79.86	118.7	48.0	2.0	271.23	
1982	理论值 实测值		12.58	46.63	88.8	68.62	—	216.63	$P > 0.6$
			23.3	46.13	85.4	51.71	—	206.54	
1984	理论值 实测值		10.31	70.35	113.0	78.99	16.1	288.74	$P > 0.4$
			22.8	70.32	102.9	52.36	11.8	260.2	

* 理论值 theoretical value ** 实测值 observed value

由此,可以根据预报的气温和降水量来预测预报各生长季再生草生产量,作为合理安排季节草场载畜量和开展季节畜牧业的依据,为发展高原畜牧业,科学养畜创造条件。

(三) 不同利用时间和间隔期对矮嵩草草甸地上生产量的影响

青藏高原一般分为冷季牧场和暖季牧场。冷季牧场的放牧时间从10月底到翌年6月中旬,长达7—8个月。常常使草场利用过度,特别是早春牧草返青期利用过度,根系养分消耗增大,使牧草繁殖和再生能力受到抑制,导致草场退化,生产力下降(表8)。

表8 不同刈割时间和间隔期对当年地上生产量的影响(克/米²,干重)

Table 8 The effect of different clipping dates and intervals on production of that year (dry weight, g/m²).

初生草 Primary herb		第一次再生草 Primary regrowth		第二次再生草 Second regrowth		年总生产量 Total production of year	占对照% percentage of control (%)
刈割时间 Clipping date	生产量 Production	刈割时间 Clipping date	生产量 Production	刈割时间 Clipping date	生产量 Production		
V,7	22.80	VI,5	22.80	IX,11	222.80	268.40	87.14
V,7	22.80	VII,6	89.20	IX,11	136.80	248.80	80.78
V,7	22.80	VIII,6	211.20	IX,11	56.00	290.00	94.16
V,7	22.80	IX,5	247.20	—	—	270.00	87.66
VI,5	51.47	VII,6	80.00	IX,11	118.40	249.80	81.13
VI,5	51.47	VIII,6	254.80	IX,11	32.00	338.27	109.83
VI,5	51.47	IX,5	271.20	—	—	322.67	104.76
VII,6	134.80	VIII,6	118.8	IX,11	38.80	292.40	94.94
VII,6	134.80	IX,5	174.80	—	—	309.60	100.52
VIII,6	267.20	IX,5	48.00	—	—	315.20	102.34
IX,5	308.00	—	—	—	—	308.00	100.00

从表8可知,不同的利用方式(时间、间隔期和利用次数等)对牧草总生产量的影响不一样。从牧草返青初期开始利用,草场生产力普遍下降,产草量比不利用的减少5—19%。这是由于牧草返青初期主要靠先年秋季贮存的营养物质萌发生长,光合产物还不能满足地上部分生长发育的要求,在此间进行放牧利用,使根系营养物质大量消耗,造成根系停止生长,甚至死亡,严重影响再生能力。特别是早春放牧,牲畜啃食牧草的嫩芽、嫩枝,使牧草得不到很好的再生和更新,有些植物大量死亡(孙金铸,1983)。同样在秋季利用过度,对翌年牧草的生长发育影响较大。例如,在1981年8、9月刈割1次到1982年6月16日测定,地上生物量较对照组减少36—53%,优良牧草减少,总覆盖度相当于对照组的60—80%,并且返青期推迟5—10天。因为8、9月正是植物成熟阶段,同时也是向地下器官贮存营养物质的时候,这时利用过度必然要减少根系贮存营养物质的数量,进而影响翌年植物的萌发和生长。此外,由于利用过度,使土层覆盖物减少,土壤裸露,蒸发量增大,土壤水分不易保存,造成春季干旱。地表覆盖物的减少,使地下根系和幼芽受冻致死而不能安全越冬。而在牧草生长旺盛期合理利用,不但能改善牧草品质而且还能促进再生。这与何得元等(1985)在半荒漠草原的研究结果基本一致。文章指出,4月份是各类牧草返青时期,此时利用草地,不仅影响其产量,而且还影响质量;同时提出7月份开始

利用效果最佳,9月份轻牧为宜。

草场可利用高度和利用次数直接影响草场生产力水平(表9)。

表9 留茬高度为2厘米时生长季的利用次数和地上生物量

Table 9 The use times of growth period on 2 cm of residual height and biomass of aboveground.

刈割时间 Clipping date	地上生物量(克/米 ²) Biomass of aboveground(g/m ²)	
	鲜重 Wet weight	干重 Wet weight
VI,21 初生草 Primary herb	107.76	36.04
VII,23 第一次再生草 The regrowth of first	172.24	53.48
VIII,26 第二次再生草 The regrowth of second	99.32	22.36
IX,6 齐地面刈割 Clipped to the soil surface	368.00	148.72
IX,6 全年合计 对照	Total of year 747.32	260.60
	Control 862.80	330.04

从表9可知,留茬高度为2厘米,整个生长季内只能利用3次,而且地上生物量较对照组降低21.04%。因此只有冷暖二季的青藏高原,草场可利用高度保持在2厘米以上较为合适,而且利用次数不要超过3次,否则将要影响当年产草量。并对早春和晚秋这两个忌牧期的草场要加强管理和合理利用。建立长远的、科学的轮牧规划和放牧制度。减轻冬场压力,建议5月中旬迁出冬春草场,11月初迁入冬春草场,逐步改变冬春草场利用时间过长的倾向。使牧草有休养生息的机会,以防草场退化。

三、小 结

1. 矮嵩草草甸植物再生能力不仅受植物本身的生物——生态学特性所制约,而且与利用时间、留茬高度等密切相关。从牧草返青到7月底再生草生物量处于不断增长的过程,7月底为最高。再生草生物量在整个生长季的变化呈典型的单峰式曲线。绝对再生强度(\bar{G})与时间(t)的函数关系为:

$$\bar{G} = -7.2568 + 0.2280t - 0.0012t^2$$

通过牧草再生强度的研究可知,牧草返青期以轻牧为宜,在生育前期进行适量的施肥、灌水等技术措施,可提高产草量,而且经济效益较高。

2. 气温是影响高寒草甸植物生产效率和再生能力的主导因子,其次是降水量和土壤含水量。再生草生物量(W)与气温(T)和降水量(P)季节动态的数学模型如下:

$$W = 16.5049T - 0.0321P - 62.7940$$

在生产中,可根据气温、降水量预测预报的再生草生物量,合理安排季节草场载畜量,为开展季节畜牧业生产提供依据。

3. 草场初级生产力的高低是植物对各生态因子综合反应的结果。在牧草返青期利用

过度,植物生长要受到抑制,总产草量普遍下降,牧草生长旺盛期利用合理可提高牧草品质,并能促进牧草再生。高寒草甸草场可利用高度在2厘米以上较为合适。在生产中以牧草的生产量和再生能力估价季节草场载畜量较为科学。以草定畜,充分利用暖季草场,开展季节畜牧业生产是提高草场生产力的一种途径。

参 考 文 献

- 孙金铸,1983,内蒙古草原退化和保护问题,中国草原(3): 1—8.
- 何得元、谭成虎、安明福、赵哈林,1985,半荒漠草原动态生产特性及适宜利用始期初探. 中国草原与牧草, 2(4),33—36.
- 周兴民,1982,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规律,高寒草甸生态系统,9—18,甘肃人民出版社.
- 杨福园,1982,青海高寒草甸生态系统定位站的自然地理概况,高寒草甸生态系统 1—5,甘肃人民出版社.
- 阎贵兴、宁布,1982,内蒙古中部针茅草原草场生产力动态与过牧放牧对草场植被的影响,中国草原,(4): 32.
- 吉田、重治,1979,草地の生态と生产技术,83—85,东京养贤堂株式会社.
- Harold F. Heady (章景瑞译),1982,草原管理, 13—34,农业出版社.
- Баранова М. Е., Л. А. Пиотрашко, В. Г. Мурашко, 1980: Луговодство и пастбищное хозяйство, 17—18, 2-е изд., перераб и доп. 1-МН.: Ураджай.
- Горшкова А. А., 1982, Степная растительность Сибири и некоторые черты её экологии, 129—132, Новосибирск Наука.

A PRELIMINARY STUDY OF GROWTH PATTERN OF REGROWTH IN ALPINE *KOBRESIA HUMILIS* MEADOW

Wang Qiji Yang Futun Shi Shunhai

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

The research work was carried out at the Haibei Alpine Meadow Ecosystem Research Station during the growing seasons from 1980 to 1984.

The seasonal changes of the regrowth of biomass and the effects of the main ecological factors on the regrowing capability of *Kobresia humilis* meadows after clipping (simulated grazing). This will contribute to a scientific basis for the rational use and improvement pastures, livestock support, and the development seasonal animal husbandry.

The regrowth was studied by harvesting plants in permanent quadrats. Both primary growth and regrowth were clipped according to the different beginning date of grazing, its interval, and the residual height of plants. The stand was divided into seventeen groups of treatments with three replications. The seasonal dynamics of the biomass, the intensity of regrowth, and the effects of the main ecological factors on these variables were followed at about one-month intervals after the first clipping.

The results were the following:

1. There were obvious seasonal changes of biomass in the recovering *Kobresia humilis* meadow after the clipping. The increase in biomass was controlled by the biological-ecological characteristics of the plants. The seasonal changes of the intensity of absolute regrowth followed a one-peak curve:

$$\bar{G} = -7.2568 + 0.2280t - 0.0012t^2$$

(t-Plants started greening up about 20 April.)

The highest intensity of absolute regrowth ($3.828 \text{ g/m}^2, \text{ day}$) occurred at the end of July.

These results indicate that pastures could be improved by specific agricultural measures. Optimal growth will be supported by an early application of fertilizers, and by early irrigation (before mid-June).

2. Correlation between the main ecological factors and the intensity of absolute regrowth showed air temperature had the most significant correlation with both the production efficiency and the capacity of regrowth ($r=0.9999$). Other significant correlations with environmental factors were precipitation ($r=0.9868$) and the water content of the soil ($r=0.7077$); their correlation was strongest from May to July.

The seasonal dynamics of biomass of regrowth is predicted by an equation including the monthly mean air temperature (T) and the monthly precipitation (P).

$$W = 16.5049T - 0.0312P - 62.7940$$

3. The maximum or minimum of primary production results from the interaction of all ecological factors with the vegetation. For example, overgrazing and other over use of pastures at the time of the early green up period in the spring and during late fall, when the capacity of plants for regrowth is low, may greatly damage its potential productivity. Grazing of domestic animals should be attuned to the production of the pasture. The optimal seasonal grazing schedule should include the full use of the warm pasture during the summer and careful use of pastures during other seasons. These important measures will help to avoid the degeneration of the pastures in the future.

(1) Plants started growing up about 20 April.

The higher intensity of absolute nitrogen (2.32 g/m² day) occurred at the end of July. These results indicate that pastures could be improved by specific agricultural measures. Optimal growth will be supported by an early application of fertilizer and by early irrigation (before mid-June).

2. Correlation between the main ecological factors and the intensity of absolute nitrogen showed air temperature had the most significant correlation with both the production efficiency and the capacity of nitrogen (r = 0.9992). Other significantly correlated environmental factors were precipitation (r = 0.9858) and the water content of the soil (r = 0.7077); their correlation was stronger from May to July.

The seasonal dynamics of biomass of nitrogen is described by an equation including the monthly mean air temperature (T) and the monthly precipitation (P):

$$W = 165040T - 0.031P - 627910$$

3. The maximum or minimum of primary production results from the interaction of all ecological factors with the vegetation. For example, overgrazing and other over-use of pastures at the end of the early green-up period in the spring and during late fall, when the capacity of plants for nitrogen is low, may greatly damage its potential productivity. Grazing of domestic animals should be aimed to the production of the pasture. The optimal seasonal grazing schedule should include the full use of the winter pasture during the summer and a total use of pastures during other seasons. These important measures will help to avoid the deterioration of the pastures in the future.