

高寒矮嵩草草甸地下生物量形成规律的初步研究

王启基 杨福国 史顺海

(中国科学院西北高原生物研究所)

绿色植物是生态系统能源的供给者,它通过光合作用将太阳能转化为贮存的化学能,供生态系统各级消费者利用。植物根系在植物生活中起着特别重大的作用,它不仅有固定支持植物躯体,吸收水分和矿质营养供植物地上部分的需要,而且还能贮藏营养物质,为植物的越冬和翌年萌发生长提供物质基础,同时也为地下草食动物提供了不可缺少的食物。

研究高寒草甸生态系统,测定植物地上、地下生物量是必不可少的两个方面。国内外对植物根系和地下生物量的研究已有不少报道(Сабинин, 1956; 祝廷成等, 1957; Shaw, 1965; Chapman, 1981; 木村 允, 1981; Сапегин, 1981)。但对高寒草甸地下生物量形成规律的报道较少。

本文通过了解在高寒生境条件下植物根系分布特征、地下生物量的季节动态和年间变化规律、地下生产量与地上生产量的相关性,为阐明植物根系在高寒草甸生态系统中的作用机制及高寒草甸草场的管理、改良和培育提供依据。

一、研究方法

本研究于1980—1982年植物生长季(5—9月)进行。试验样地设在海北高寒草甸生态系统定位站矮嵩草草甸草场上,海拔3200米。年平均气温 -2.0°C , 1月平均气温 -13.0°C , 7月平均气温 12.3°C ;年降水量530毫米左右,主要集中在5—9月,占年总降水量的80%以上;土壤为高山草甸土。牧草生长期只有130—140天,优势种植物为矮嵩草(*Kobresia humilis*),次优势种植物以异针茅(*Stipa aliena*)、羊茅(*Festuca ovina*)、垂穗披碱草(*Elymus nutans*)等为主。矮嵩草草甸植物根系密集而盘根错结,形成结实而富有弹性的草皮层,容重小而坚实度大($50-60$ 公斤/厘米²),较一般山地土壤有独特之处。由于低温的影响有机质含量较高。

矮嵩草草甸地下生物量的测定采用挖土坑的方法,在5—9月,每月月初测定植物群落根系现存量。在植被较为均匀,地势平缓的固定样地上(50×50 米²)随机挖取5个土坑,即5次重复。土坑为 $50 \times 50 \times 50$ 厘米³。挖取前先将地上部分齐地面剪去,细心地将土坑内的土及根系全部挖出来,把0—10厘米的草皮层用手掰开,然后将带有根系的土用36目的铁筛筛去土壤,拣去杂质,把筛出的根系用沙布包好,在流水中冲洗干净、风干,

后在 65°C 的恒温下烘干至恒重。地下净生产量是根据生长季内地下根系最大现存量 (9 月初) 与最小现存量 (7 月初) 的差值计算而得。地上生物量的测定与地下生物量测定同步进行, 齐地剪取, 样方面积 50 × 50 厘米², 12 次重复。地上净生产量按植物枯黄前 (8 月底或 9 月初) 测定的最高生物量为依据。全部生物量均以烘干重计。

为了进一步了解根系分布特征, 我们在挖取土坑的同时还挖取了 5 × 5 × 5 厘米³ 的小土样, 从地表起逐次增加 5 厘米, 直挖到 50 厘米深。拣出每层的全部根系, 用目测法分出活根和死根, 然后烘干称重, 5 次重复。同时分层测定土壤温度和土壤含水量。最后分析测定矮嵩草草甸植物根系不同物候期的营养成分含量。

二、结果与分析

(一) 矮嵩草草甸地下生物量季节与年间动态变化

1980—1982 年矮嵩草草甸地下生物量季节和年间动态变化如图 1。

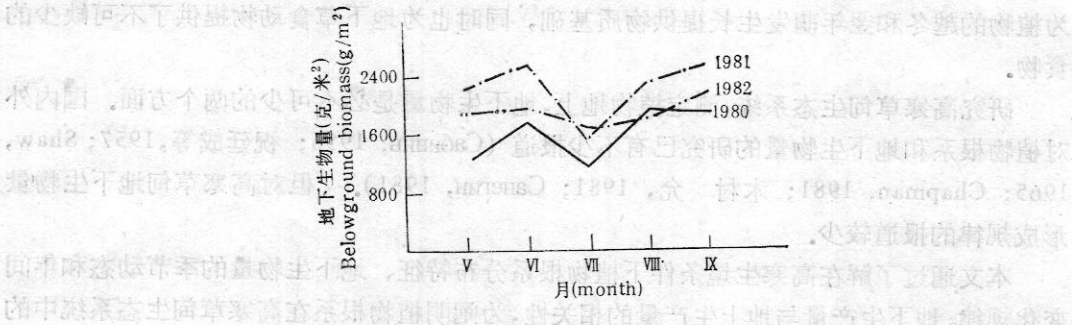


图 1 矮嵩草草甸地下生物量季节和年间动态变化

Fig. 1 Seasonal and annual belowground biomass changes in *Kobresia humilis* meadow

表 1 矮嵩草草甸地下净生产量及所固定的太阳能

Table 1 The both net production and storage of solar energy of belowground in *Kobresia humilis* meadow.

年 间 Years	1980	1981	1982
净初级生产量(克/米 ² ·年) Net primary production (g/m ² ·yr.)	654.0	948.0	386.24
生长期平均每天净生产量(克/米 ² ·天) Average net production per day in period of growth(g/m ² ·day)	4.8444	6.8696	2.9041
固定的太阳能数(千焦耳/米 ² ·年) Solar energy storage(KJ/m ² ·yr.)	9157.58	13274.29	5048.29

注: 1980—1982 年的生长期分别按 135, 138, 133 天计算。

The growing season 135, 138, 133 days respectively during 1980—1982.

从图 1 可以看出, 不同生长季节和年间矮嵩草草甸地下生物量各不一样。牧草返青初期由于牧草萌发, 根系生物量稍有上升。返青后期因嵩草属植物正处于开花结实阶段,

同时植物地上部营养器官的生长速度加快,根系贮藏物质大量消耗,地下生物量也随着下降。在植物生长旺盛期,由于水热条件有利于植物的生长发育,光合产物除地上茎叶本身的需要,还有一部分运转到地下供给根系的生长发育,新根,地下茎不断增加,生物量也随着增加,到牧草枯黄期生物量最大。

(8) 根据地下生物量季节动态,用差值法计算的年根系净生产量及每克根系干物质热值含量(14.0024 千焦耳/克)和净生产量推算出所固定的太阳能数(表 1)。

从表 1 可知,不同年份矮嵩草草甸地下净生产量各不相同,其生长速率也有差异。这是由于每年生长季节的气温、降水量等生态因子的差异(表 2)对根系生长影响的结果。

表 2 1980—1982 年生长季的主要生态因子

Table 2 The main ecological factor of growing season during 1980—1982

年度 Years	月平均气温 (°C) Mean air temperature of month(°C)	不同土壤深度月平均地温(°C) Mean tem. of month in different soil depth (°C)				降水量 (毫米) Prcipi- tation (mm)	不同土壤深度含水量(%) Water content in different soil depth (%)		
		5cm	10cm	15cm	20cm		0—10cm	10—20cm	20—30cm
1980	6.84	11.68	11.43	10.62	9.42	433.4	—	—	—
1981	7.96	13.04	11.52	10.32	9.84	476.1	38.0	35.11	31.69
1982	6.52	11.64	9.66	8.56	7.94	383.3	32.97	31.02	32.18

从 1980, 1981, 1982 年的地下净生产量与各年生长季的降水量和月平均气温之间的相关分析(表 3)表明,生长季的降水量对矮嵩草草甸地下净生产量影响较大($r = 0.9973$),其次是气温($r = 0.9601$)和地温。通过对 5, 10, 15, 20 厘米深的土壤温度与地下净生产量之间的相关分析可知,0—10 厘米深的土壤温度对地下净生产量的影响最大,若此层温度较高,则有利于植物根系的生长;随着土壤深度的增加土壤温度逐渐降低,不利于植物根系的生长发育和对水分的吸收。

表 3 生长季的主要生态因子与地下净生物量的相关性

Table 3 The relativity between main ecological factor and net production of belowground during growth season.

相关系数 Relative coefficient	月平均气温 Mean air tem. of month	不同土壤深度月平均温度 Mean tem. of month in different soil depth				降水量 Prcipi- tation
		5cm	10cm	15cm	20cm	
r	0.9601	0.8909	0.8739	0.7280	0.7653	0.9973
r ²	0.9218	0.7936	0.7637	0.5299	0.5857	0.9946

根据 1980, 1981, 1982 年地下净生产量与生长季的降水量和月平均气温分别模拟的直线回归方程如下:

$$y = -1937.1365 + 6.0331P \quad (1)$$

$$y = -1872.7688 + 356.7798T \quad (2)$$

式中 y ——地下净生产量(克/米²·年)

P ——生长季的降水量(毫米)

T——生长季月平均气温(°C)

从以上分析可知,矮嵩草草甸地下净生产量与生长季的降水量和气温呈强正相关,它随着生长季降水量和气温的增加而增加。它们之间的函数关系可用如下二元回归方程表示:

$$y = -1872.8019 + 0.0051P + 356.4736T \quad (3)$$

式中 y 、 P 、 T 同式(1)、(2)。

(二) 矮嵩草草甸地下生物量的垂直分布特征

矮嵩草草甸植物群落不同生长期和土壤深度活根与死根生物量见表4,并可以看出,矮嵩草草甸地下生物量主要分布在0—10厘米深的土层中,约占总根量的84.35%,其

表4 矮嵩草草甸不同土壤深度活根、死根生物量季节动态(克/0.25米²)

Table 4 The biomass dynamic of seasonal of both live and dead roots in different soil depth in *Kobresia humilis* meadow (g/0.25m²).

取样日期 Sampling date	土壤深度(厘米) Soil depth (cm)	0—10		10—20		20—30		30—50	
		活根 Live roots	死根 Dead roots	活根 Live roots	死根 Dead roots	活根 Live roots	死根 Dead roots	活根 Live roots	死根 Dead roots
1981, V, 2		338.89 (61.73)	107.33 (19.55)	37.72 (6.87)	13.56 (2.47)	18.01 (3.28)	6.48 (1.18)	23.12 (4.21)	3.90 (0.71)
V1, 1		394.36 (63.30)	156.31 (25.09)	26.60 (4.27)	7.60 (1.22)	12.46 (2.00)	5.11 (0.82)	14.34 (2.30)	6.23 (1.00)
V11, 1		224.22 (60.60)	88.80 (24.00)	22.01 (5.95)	8.40 (2.27)	9.10 (2.46)	4.14 (1.12)	10.06 (2.72)	3.22 (0.82)
V111, 1		376.66 (68.86)	99.55 (18.20)	30.68 (5.61)	8.26 (1.51)	12.14 (2.22)	5.14 (0.94)	11.10 (2.03)	3.50 (0.64)
IX, 7		412.46 (67.95)	75.69 (12.47)	39.03 (6.43)	14.39 (2.37)	28.23 (4.65)	14.81 (2.44)	17.54 (2.89)	4.92 (0.81)
平均 Average(%)		(64.49)	(19.86)	(5.83)	(1.97)	(2.92)	(1.30)	(2.83)	(0.80)

注: 括号内为总根量的百分数。

The percentage of total biomass in parentheses.

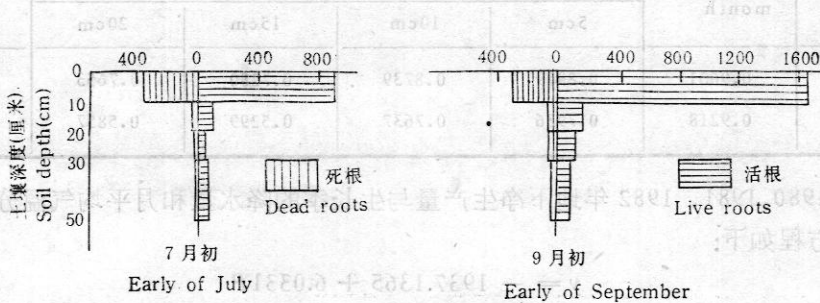


图2 矮嵩草草甸地下生物量垂直分布(克/米²)

Fig. 2 The vertical distribution of belowground biomass in *Kobresia humilis* meadow (g/m²)

中活根占 64.49%，死根占 19.86%；在 10—50 厘米的土层中仅占总根量的 15.65%，其中活根占 11.58%，死根占 4.07%。我们还可以看出，地下生物量在牧草返青后期（7 月初）最低，在枯黄期（9 月初）最高，它们的垂直结构见图 2。

根系的这种分布特征与高寒草甸区的气候、土壤有很密切的关系。植物为了充分利用高寒草甸区水热同季有利条件，把大部分根系分布在 0—10 厘米的表土层中，获取更多的热量、水分和矿质营养，同时表层土壤通气条件较好，这些都为根系的生长发育创造了较有利的条件，随着土壤深度的增加，土壤温度、含水量和通气条件变劣，根量也随之减少，这是高寒草甸植物对生态环境的适应特征。

(三) 不同土壤深度活根和死根生物量季节变化

从表 4 可以看出，不同生长期各层土壤中活根和死根生物量及所占总根量的比例均有明显的季节变化（图 3）。

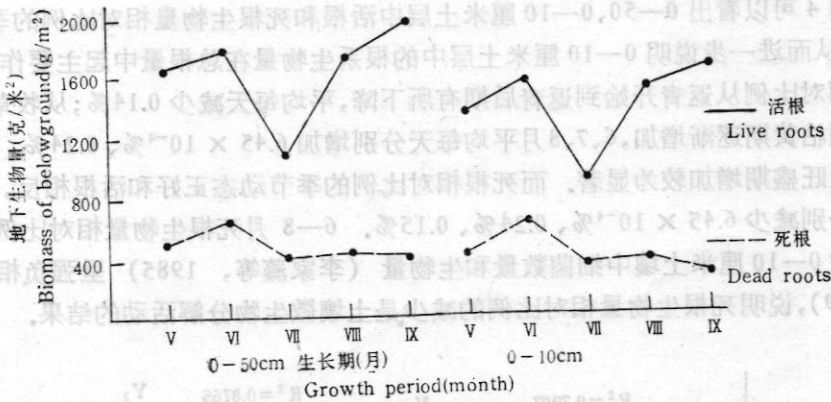


图 3 矮嵩草草甸 0—50、0—10 厘米土层中活根与死根生物量季节动态
Fig. 3 The seasonal dynamic of both live and dead roots in 0—50, 0—10 cm soil depth in *Kobresia humilis* meadow

从整个生长季的趋势来看，活根生物量从牧草返青开始逐渐减少，到返青后期最低（896.88 克/米²）；此后由于气温、降水量有利于植物的生长发育和干物质的积累，活根生物量也逐渐增加，到牧草枯黄期生物量最高（1649.84 克/米²）。而死根生物量从牧草返青开始逐渐增加，到 6 月初最高（625.24 克/米²）；此后由于环境条件有利于土壤昆虫和微生物的活动，一部分死根被分解，使死根生物量随着减少，到枯黄期生物量最低（302.76 克/米²）。

矮嵩草草甸植物在 0—50、0—10 厘米土层中活根和死根生物量相对比例具明显的季节性变化（表 5）。其变化曲线（图 4）可由如下方程表示：

$$\hat{y}_1 = 1.04 \times 10^{-3}x^2 - 0.3410x + 101.1515 \quad (4)$$

$$\hat{y}_2 = -1.04 \times 10^{-3}x^2 + 0.3410x - 1.1515 \quad (5)$$

$$\hat{y}_3 = 1.3 \times 10^{-3}x^2 - 0.4218x + 107.0796 \quad (6)$$

$$\hat{y}_4 = -1.3 \times 10^{-3}x^2 + 0.4218x - 7.0796 \quad (7)$$

式中： \hat{y}_1 、 \hat{y}_2 表示 0—50 厘米土层中活根、死根的相对比例。

表5 矮嵩草草甸不同生长期0—50,0—10厘米土层中活根、死根相对比例(%)

Table 5 The relative ratio of both live and dead roots in 0—50,0—10cm soil depth in different seasonal growth in *Kobresia humilis* meadow (%)

取样日期 Sampling date	土壤深度(厘米) Soil depth (cm)	0—50		0—10	
		活根 live roots	死根 Dead roots	活根 live roots	死根 Dead roots
1981 V,2		76.08	23.92	75.95	24.05
V1, 1		71.87	28.13	71.61	28.39
V11, 1		71.73	28.27	71.63	28.37
V111, 1		78.72	21.28	79.10	20.90
1X, 7		81.92	18.08	84.49	15.51

φ_3, φ_4 表示 0—10 厘米土层中活根、死根的相对比例。

x 表示自元月 1 日起的天数。

从图 4 可以看出 0—50,0—10 厘米土层中活根和死根生物量相对比例的季节动态基本相似,从而进一步说明 0—10 厘米土层中的根生物量在总根量中起主要作用。活根生物量的相对比例从返青开始到返青后期有所下降,平均每天减少 0.14%;从牧草生长旺盛期开始到枯黄期逐渐增加,6、7、8 月平均每天分别增加 $6.45 \times 10^{-4}\%$ 、0.24%、0.15%,在牧草生长旺盛期增加较为显著。而死根相对比例的季节动态正好和活根相反,6、7、8 月平均每天分别减少 $6.45 \times 10^{-4}\%$ 、0.24%、0.15%。6—8 月死根生物量相对比例与直接计数法测定 0—10 厘米土壤中细菌数量和生物量 (李家藻等, 1985) 呈强负相关 ($r = -0.99999$),说明死根生物量相对比例的减少是土壤微生物分解活动的结果。

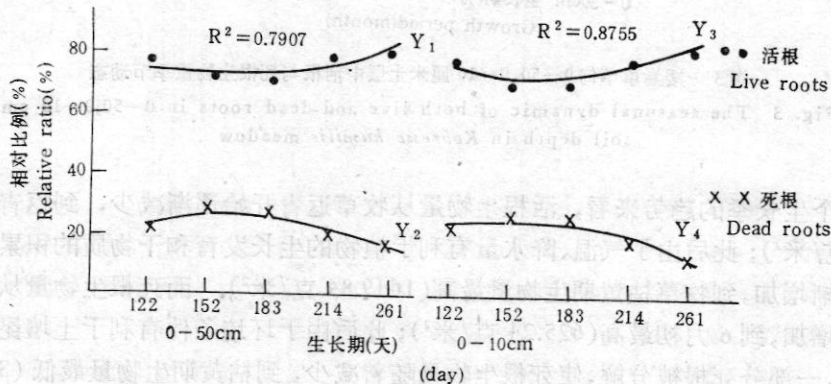


图 4 矮嵩草草甸 0—50,0—10 厘米土层中活根与死根相对比例的季节动态

Fig. 4 The seasonal dynamics of relative ratio of both live and dead roots in 0—50,0—10 cm soil depth in *Kobresia humilis* meadow

(四) 矮嵩草草甸地上、地下净生产量的相关分析

矮嵩草草甸净初级生产量不仅与植物的生物——生态学特性及生态因子有关,而且与植物地下、地上净生产量关系密切(表 6)。

从表 6 可知,矮嵩草草甸地上年净生产量与地下年净生产量呈强正相关 ($r =$

表6 矮嵩草草甸地上、地下年净生产量的相关性

Table 6 The relativity of net production per year of both above and belowground in *Kobresia humilis* meadow.

年 Years	1980	1981	1982	相关系数 Relative coefficient	r ²
地上净生产量(克/米 ² ·年) Net production of aboveground (g/m ² ,yr.)	296.6	308.0	232.6	—	—
地下净生产量(克/米 ² ·年) Net production of Belowground (g/m ² ,yr.)	654.0	948.0	386.2	0.9172	0.8412
地下:地上 belowground: aboveground	2.20	3.08	1.66	0.8677	0.7529

0.9172)。它们之间相互依赖,相互制约。植物根系发育良好,地下净生产量较高,则能促进植物地上部的生长发育,获得较高的地上净生产量。即地下、地上净生产量的比值越大,地上净生产量也就越高。此外,据1980—1982年测定,矮嵩草草甸地下、地上生物量的比值分别为6.16、7.88、8.63。说明在高寒地区地下生物量占很大比例,平均比值为7.56,近似于地上生物量的8倍。这是高寒地区植物适应高寒生态环境的一个重要特征。由此可见,通过改善土壤养分和水分状况,促使植物根系充分生长发育,即能提高地上净生产量,还能起到防止草场退化,提高草场生产力的目的。

(五) 矮嵩草草甸植物根系营养成分含量季节动态

矮嵩草草甸植物根系营养成分含量随着植物物候期的不同而出现波动(表7)。

表7 矮嵩草草甸植物根系营养成分含量季节动态(%)

Table 7 The seasonal dynamics of nutrients elements of roots system in *Kobresia humilis* meadow(%).

生长季 Growing period	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗纤维 Crude cellulose	无氮浸出物 Extract-free nitrogen	粗灰分 Crude ash	钙 Calcium	磷 Phosphorus
返青期 Initial growth	7.00	2.06	26.36	57.14	7.44	1.084	0.0764
生长旺盛期 Period of intense growth	5.81	2.13	29.51	51.89	10.66	1.1220	0.0772
成熟期 Maturing period	6.29	2.32	29.69	51.79	9.90	1.221	0.0795
枯黄期 Period of senescence	6.49	2.16	25.83	50.22	15.31	0.934	0.0967

蛋白质含量在返青初期最高,牧草生长旺盛期最低,这与地上营养器官的建造消耗大量的根系贮藏营养物质有关,它反映在此时根系现存量也较低,此后逐渐增加;粗纤维和粗脂肪含量在返青期和枯黄期较低,成熟期最高,无氮浸出物的含量随植物生长发育成熟逐渐减少,而粗灰分含量逐渐增加。磷在植物根系内的含量虽然很少(平均含量0.0825%),但也有明显的季节变化。它在牧草返青期含量较低,随着植物的生长发育逐

渐增加,到枯黄期含量最高。钙的含量从牧草返青到成熟逐渐增加,枯黄期下降。从以上变化可以看出,植物根系营养成分含量和植物生长发育阶段密切相关,其供求关系不断发生变化,形成了植物体各组织之间以及植物与外界环境之间经常不断的物质循环。根据这种变化规律进行合理施肥,将会提高草场产草量和施肥的经济效益。

三、小 结

1. 矮嵩草草甸地下生物量具有明显的季节性变化。活根生物量从牧草返青开始逐渐减少,到返青后期生物量最低;从牧草生长旺盛期开始逐渐增加,到牧草枯黄期生物量最高。死根生物量从牧草返青开始逐渐增加,到返青中期最高,此后逐渐减少,到牧草枯黄期最低。地下生物量季节变化和年净生产量与生长季的降水量和气温密切相关,其地下净生产量(y)与生长季的降水量(P)和月平均气温(T)之间的函数关系可用如下方程表示:

$$y = -1872.8019 + 0.0051P + 356.4736T$$

2. 矮嵩草草甸地下生物量主要分布在 0—10 厘米的草皮层中,约占总根量的 84.35%,其中活根占 64.49%,死根占 19.57%。10—50 厘米的土层中仅占总根量的 15.65%,其中活根占 11.58%,死根占 4.07%。

3. 地下净生产量与地上净生产量密切相关 ($r = 0.9172$),地下、地上净生产量的比值越大,地上净生产量越高。

4. 矮嵩草草甸植物根系营养成分含量具有明显的季节性变化,它随着植物生长季节和物候的不同而有差异,说明植物体内及植物与外界环境进行着经常不断的物质循环。

5. 高寒矮嵩草草甸地下生物量季节动态变化和根系垂直分布特征是植物长期适应高寒生境条件的结果。

参 考 文 献

- 李家藻、朱桂茹、杨 涛、程双宁、李玉英,1985,高寒草甸细菌生物量的研究,高原生物学集刊, (4): 107—117.
 祝廷成、张 绅,1957,用数量算法对羽茅草原根系研究的介绍,植物学报, 6(4): 311—314.
 木村 允(姜恕等译),1981,陆地植物群落的生产量测定法, 28—44, 科学出版社.
 Chapman, S. B. (阳含照等译),1981,植物生态学的方法,130—135,科学出版社.
 Shaw, V. T. (冯兆林译),1965,土壤物理条件与植物生长,269—296,386—417,科学出版社.
 Сабинин Д. А. (雷宏叙译),1956,根系在植物生命活动中的意义, 1—41,科学出版社.
 Сапегин Л. М., 1981, Структура и изменчивость луговых фитоценозов Мн. изд-во БГУ. 45—55.

年份	降水量 (mm)	月平均气温 (°C)	地下净生产量 (g/m ²)	地上净生产量 (g/m ²)	地下/地上比值	物候期
1970	155.1	8.96	71.79	59.99	1.19	返青期
1971	152.1	12.31	10.52	15.23	0.70	枯黄期

矮嵩草草甸地下生物量具有明显的季节性变化,活根生物量从牧草返青开始逐渐减少,到返青后期生物量最低;从牧草生长旺盛期开始逐渐增加,到牧草枯黄期生物量最高。死根生物量从牧草返青开始逐渐增加,到返青中期最高,此后逐渐减少,到牧草枯黄期最低。地下生物量季节变化和年净生产量与生长季的降水量和气温密切相关,其地下净生产量(y)与生长季的降水量(P)和月平均气温(T)之间的函数关系可用如下方程表示:

A PRELIMINARY STUDY ON FORMATION OF BELOWGROUND BIOMASS IN A *KOBRESIA* *HUMILIS* MEADOW

Wang Qiji Yang Futun Shi Shunhai

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

This work was carried out at the Haibei Alpine Meadow Research Station, Qinghai, during the 1980—1982 growing seasons.

The objectives were the following: 1. To determine the distributive characteristics of plant roots; 2. To determine the seasonal and annual belowground biomass changes; 3. To correlate the net aboveground production with the belowground biomass; 4. To explain the role of plant roots in an alpine habitat, and 5. To provide a basis for the management, improvement and utilization of these alpine meadow.

The belowground biomass of a *Kobresia humilis* community was measured by taking samples from soil pits in approximately one-month intervals during the growing season (from May to Sept.). The soil pits were 50×50×50 cm. These were 5 replicates of each soil pit. The subsamples (5×5×5 cm) were taken continuously between 5 and 50 cm in soil depth. The roots were divided into live and dead by inspection.

During the sampling we measured the temperature and water content of the soil at different soil depths. The nutrient elements of the root system in the *Kobresia humilis* community were measured during the initial growth, the period of intense growth, the seed maturing period, and during the period of senescence.

The results are as follow:

1. Both seasonal and annual belowground biomass changed significantly in these *Kobresia humilis* meadows.

The biomass of live roots decreased gradually during the period of initial growth, after which this biomass was the lowest (896.88 g/m²). It increased during the period of senescence (1649.84 g/m²). The biomass of dead roots increased during the period of initial growth, it was the highest late during this period (625.24 g/m²), and then it started to decrease; the lowest value occurred the period of senescence (302.76 g/m²).

The precipitation were relatively strongly correlated with belowground net production and air temperatures and the soil temperatures were also correlated with it. The highest correlation with soil temperatures were in the 0—10 cm soil layer.

2. Most of the belowground biomass (84.35% of the total biomass) was concentrate in the 0—10 cm soil depth, where the live root biomass constituted 64.49% and dead root biomass 19.86%.

3. The above and belowground net production were closely correlated ($r=0.9172$). The aboveground net production was higher when the ratio of belowground and aboveground biomass was larger.

4. There were obvious seasonal changes of the nutrient elements in plant roots. The major differences were correlated with different growing seasons and phenological phases.

5. Both the seasonal changes and the characteristics of vertical distribution of belowground biomass can be interpreted by the adaptations of plant to the alpine environment.

A PRELIMINARY STUDY ON FORMATION OF BELOWGROUND BIOMASS IN A KOBRESIA HUMILIS MEADOW

Wang Qili, Yang Puhua, Shi Shouhai

(Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing)

The work was carried out in the Hailu Alpine Meadow Research Station, Qinghai, during the 1980-1985 growing seasons.

The objectives were the following: 1. To determine the distributive characteristics of plant roots; 2. To determine the seasonal and annual belowground biomass changes; 3. To correlate the net aboveground production with the belowground biomass; 4. To explain the belowground biomass formation in an alpine meadow; and 5. To provide a basis for the management, improvement and utilization of these alpine meadows.

The belowground biomass of a *Kobresia humilis* community was measured by taking samples from soil pits in approximately one-month intervals during the growing season (from May to Sept.). The soil pits were 50 × 50 × 50 cm. There were 5 replicates of each soil pit. The subsamples (5 × 5 × 5 cm) were taken continuously between 5 and 50 cm in soil depth. The roots were divided into live and dead by inspection.

During the sampling we measured the temperature and water content of the soil at different soil depths. The nutrient elements of the root system in the *Kobresia humilis* community were measured during the initial growth, the period of intense growth, the seed maturing period, and during the period of senescence.

The results are as follows:

1. Both seasonal and annual belowground biomass changed significantly in these *Kobresia humilis* meadows.

The biomass of live roots decreased gradually during the period of initial growth, after which this biomass was the lowest (290.88 g/m²). It increased during the period of senescence (404.84 g/m²). The biomass of dead roots increased during the period of initial growth, it was the highest late during this period (652.24 g/m²), and then it started to decrease; the lowest value occurred the period of senescence (302.75 g/m²).

The precipitation was relatively strongly correlated with belowground net production and air temperature and the soil temperatures were also correlated with it. The highest correlation with soil temperatures was in the 0-10 cm soil layer.

2. Most of the belowground biomass (84.32% of the total biomass) was concentrated in the 0-10 cm soil depth, where the live root biomass constituted 64.32% and dead root biomass 19.88%.

3. The above and belowground net production were closely correlated ($r = 0.9133$). The belowground net production was higher when the ratio of belowground and aboveground biomass was larger.

4. There were obvious seasonal changes of the nutrient elements in plant roots. The major differences were correlated with different growing seasons and phenological phases.

5. Both the seasonal changes and the characteristics of vertical distribution of belowground biomass can be interpreted by the adaptation of plants to the alpine environment.