

金露梅灌丛地下生物量形成规律的研究

周华坤, 周立, 赵新全, 沈振西, 李英年, 周兴民, 严作良, 刘伟

(中国科学院 西北高原生物研究所, 西宁 810001)

摘要: 对金露梅灌丛地下生物量形成规律的研究结果表明: 金露梅灌丛地下生物量具有“V”字形季节变化规律和明显的垂直分布特征; 金露梅灌丛死根和活根的生物量变化有显著的季节变化规律; 金露梅灌丛草场地下生物量的周转值为 35.72%, 地下净生产量为 1206.4 g/m^2 ; 金露梅灌丛地下生物量与地上生物量、总生物量的比值接近于生长季始末时最大; 金露梅灌丛地下生物量与月平均气温和降水量有负相关关系。

关键词: 金露梅灌丛; 地下生物量; 形成规律

中图分类号: Q 945.79 文献标识码: A 文章编号: 1004-5759(2002)02-0059-07

生物量是生态系统最基本的数量特征, 是认识生态系统结构和功能的基础。生态学家和植物学家对地上生物量的研究较多^[1~4], 而对地下生物量的研究则是一个薄弱环节^[4~6]。植物地下部分在生态系统中地位重要, 它是植物在长期适应陆生生活过程中发展起来的器官, 具有固定植株, 吸收水分、矿质营养和氮素供植物地上部分利用的功效, 而且还能贮藏营养物质与能量, 为植物的越冬和翌年萌发生长提供物质基础, 同时也为地下食草动物提供了不可缺少的食物资源^[7,8]。地下生物量的特征直接影响到地上生物量的变化和群落的稳定性, 因而研究地下生物量的形成规律是我们研究草场生态系统中物质循环和能量流动的重要途径。

国外对草地地下生物量的研究报道较多^[9~12], 我国多见于对于干旱草原、高寒草甸的研究^[13~19]。金露梅(*Potentilla fruticosa*) 灌丛是高寒落叶灌丛的典型代表, 广布于青藏高原东部海拔 3 200~ 4 500 m 的山地阴坡、半阳坡、潮湿滩地及高海拔的山地阳坡, 灌丛下生长着许多优良牧草, 是青藏高原主要的夏季牧场^[20,21]。在青藏高原高寒气候的综合影响下, 金露梅灌丛的生物量形成规律有其自身的特点^[21], 然而对其地下生物量特征的研究尚未见有关报道。本文作者从地下生物量的季节变化、垂直分布特征、活根和死根生物量季节变化、地下净生产量和周转值, 及其与地上生物量和气象因子间的关系等几个方面对金露梅灌丛地下生物量形成规律进行初步探讨, 为金露梅灌丛草场的合理利用和管理提供科学依据, 并对该草场生态系统中物质循环和能量流动的研究提供基础参数。

1 研究地点和方法

本项研究于 1999 年植物生长季(5~ 9 月)在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站金露梅灌丛草场进行。海北站地处青藏高原东北隅, 祁连山北支冷龙岭东段南麓的平缓滩地, 地理位置为 $37^{\circ}29' \sim 37^{\circ}45' \text{N}$, $101^{\circ}12' \sim 101^{\circ}33' \text{E}$, 平均海拔 3 200 m。该地区气候具有典型的高原大陆性气候特点, 无四季之分, 仅有冷暖季之别, 冷季漫长、干燥而寒冷, 暖季短暂、湿润而凉爽。温度年差较小而日差较悬殊, 太阳辐射强烈。土壤为高山草甸土和高山灌丛草甸土, 土壤表层和亚表层中的有机质含量丰富。植被类型主要有高寒灌丛(Alpine shrub)、高寒草甸(Alpine meadow)和沼泽化草甸(Swamping meadow)。金露梅灌丛在高寒草场中分布较广, 为最主要的植被类型之一, 是青藏高原隆起, 形成高山冷湿气候的产物^[20]。以金露梅为建群种, 总覆盖度达 50%~ 90%, 伴生种主要有线叶蒿草(*Kobresia capillifolia*)、矮蒿草(*K. humilis*)、紫羊茅(*Festuca rubra*)、雪白委陵菜(*Potentilla nivea*)、藏异燕麦(*Helyctotrichon tibeticum*) 和高山唐松草(*Thalictrum alpinum*) 等优良牧草^[15]。

金露梅灌丛地下生物量的测定采用土柱法^[8,11], 于 5~ 9 月, 测定植物群落根系的现存量。每月下旬在植被均

收稿日期: 2001-06-26

基金项目: 中科院海北高寒草甸生态系统定位站基金(编号: 110201665)、中国生态系统研究网络长期监测项目和国家重点基础研究专项经费(G1998040800)资助

作者简介: 周华坤(1974-), 男, 青海乐都人, 在读博士生。

匀,地势相对平缓的样地(总面积为 8.05 hm^2)内随机挖取 6 个土柱,即 6 次重复,土柱大小为 $25 \text{ cm} \times 25 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ 。地下生物量取样与地上生物量取样同时进行,每个地上生物量样方内设一个对应的地下土柱样方。每个土柱样方分 4 层,每层 10 cm ,取出的土样连同根系用纱布包好,用水冲洗干净,风干,依照《陆地生物群落调查观测与分析》^[22]规定的方法分出死根和活根,置于 80°C 的恒温烘箱中烘至恒重,称干重。测定地上生物量时,草本植物齐地面刈割,灌木只采摘新萌发生长的枝叶。5~9 月的降水量和气温以本站同期气象观测记录为准。

2 结果分析与讨论

2.1 地下生物量的季节变化规律

金露梅灌丛地下生物量季节动态规律明显,呈“V”字形变化(图 1),这一点与矮蒿草草甸、小蒿草草甸相似^[16,23]。5 月下旬牧草开始萌发,处于返青初期,地下根系生物量较高;6 月末 7 月初,金露梅灌丛处于返青后期,早花植物如矮蒿草、苔草(*Carex* spp.)、鸢尾(*Iris tectorum*)、高山唐松草、矮火绒草(*Leontopodium nanum*)和龙胆(*Gentiana* sp.)等开花结实,金露梅、垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、羊茅(*Festuca ovina*)、针茅(*Stipa* sp.)、棘豆(*Oxytropis* sp.)、美丽凤毛菊(*Saussurea superba*)和二裂委陵菜(*Potentilla bifurca*)等处于营养生长期,地下根系部分的营养物质大量被消耗,再加上部分根系枯萎、腐烂、被微生物分解^[24]和鼠类取食^[25,26]等,导致地下生物量最低;7 月和 8 月,金露梅灌丛植物处于生长旺盛期,水热条件均有利于植物生长发育,大量光合产物除了茎叶本身所需外,开始向地下运转,供给根系的生长发育,新根、根茎、根颈不断增加,地下生物量随之增加,到 9 月末,牧草处于枯黄期,地下生物量达到最大,为越冬和翌年生长做好了准备。

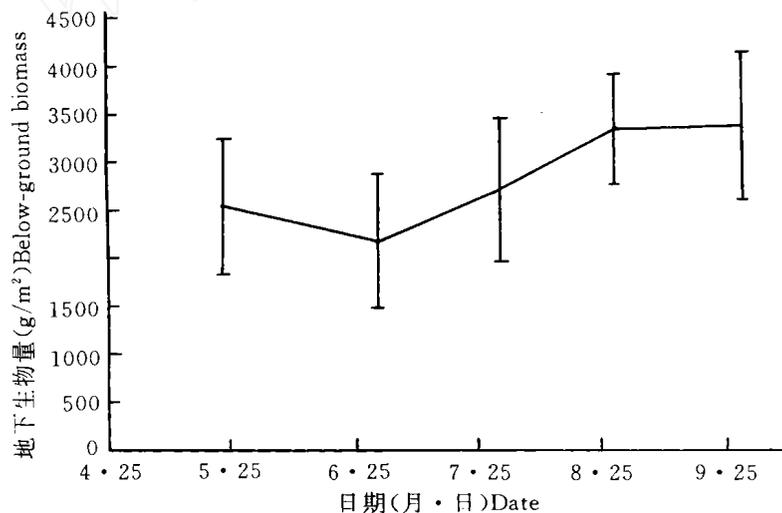


图 1 金露梅灌丛地下生物量季节动态变化

Fig 1 Seasonal dynamics of below-ground biomass in *Potentilla fruticosa* shrub

2.2 地下生物量的垂直分布特征

金露梅灌丛地下生物量不仅具有明显的季节动态变化规律,还具有显著的空间分布规律,这主要表现在地下生物量的垂直分布上。

金露梅灌丛在不同生长期和不同土壤深度的地下生物量分配情况如表 1 所列,可以看出,具有明显的垂直格局,平均而言,第 1 层地下生物量占总生物量的 74.53%,第 2、3、4 层依次占 15.34%、6.68%、3.45%,递减趋势明显,不同月份均无例外。随着牧草生长期的延长,除了第 1 层地下生物量比例有增加的趋势外,第 2、3、4 层均表现为降低趋势,这些变化规律与金露梅灌丛草场根系的生物——生理学特性及外界水热季节动态有关。由表 1 可以看出,在 0~20 cm 的土层中占据了 89.87% 的地下生物量,而 20 cm 以下的土壤中仅占 10.13% (表 1)。这比北美矮草草原 0~20 cm 的土层中所拥有的地下生物量比例^[29]还高 15%。

表 1 金露梅灌丛地下生物量垂直分布

g/m²

Table 1 Vertical distribution of below-ground biomass in <i>Potentilla fruticosa</i> shrub						
土深(cm)	5月23日	6月30日	7月30日	8月28日	9月29日	平均值
Soil depth	May 23	June 30	July 30	August 28	September 29	Mean
0~ 10	1 562.24 (61.57%)	1 418.4 (65.33%)	2 178.4 (80.55%)	2 487.52 (74.59%)	2 880.96 (85.30%)	2 105.50 ± 616.61 (74.53% ± 9.99%)
11~ 20	548.8 (21.63%)	376.8 (17.35%)	343.36 (12.70%)	569.28 (17.07%)	329.16 (9.75%)	433.48 ± 116.14 (15.34% ± 4.64%)
21~ 30	252.8 (9.96%)	257.44 (11.86%)	120.56 (4.46%)	188.64 (5.66%)	124.00 (3.67%)	188.69 ± 66.45 (6.68% ± 3.59%)
31~ 50	173.60 (6.84%)	118.56 (5.46%)	62.4 (2.31%)	89.44 (2.68%)	43.52 (1.29%)	97.50 ± 51.10 (3.45% ± 2.33%)

注: 括号内的数据为占总根量的百分比。

Note: Data in parentheses refers to percentage of total roots

王启基等^[16]的研究结果表明, 高寒矮蒿草甸的地下生物量大部分根系分布在 0~ 10 cm 深的土层中。本研究表明金露梅灌丛地下生物量大部分根系分布在 0~ 20 cm 深的土层中, 这主要是因为建群种金露梅属蔷薇科冷旱生灌木, 根入土较深; 在 40 多种草本植物中, 根蘖型草类、直根型草类、根颈丛生草类和无茎莲座状草类^[28], 如委陵菜、棘豆、黄芪 (*Astragalus* spp.), 凤毛菊、柴胡 (*Silene jensenseensis*) 和异叶米口袋 (*Amblytropis diversifolia*) 等, 占有相当比例, 根系入土都比较深。

金露梅灌丛地下生物量的这种分配特征与高寒灌丛地区的气候和土壤的关系密切。该地区水热同季, 植物将大部分地下根系分布在 0~ 20 cm 深的表土层中, 以利用这一有利条件, 获取较多的热量、水分和矿质营养, 同时表层土壤通气条件较好, 为地下根系部分的生长发育创造了有利条件。在 20 cm 以下的土层中, 温度、含水量和通透性均变差, 地下生物量减少 (表 1), 这显示了高寒灌丛植物对严酷生态环境的适应性。

2.3 活根和死根生物量季节变化

由 0~ 50 cm、0~ 20 cm 土层中死根和活根的生物量变化可以看出其明显的季节变化规律。活根生物量都呈“V”型变化规律, 死根生物量都呈减少的趋势 (图 2)。牧草返青初期, 活根量较低, 到返青后期 (6 月下旬) 达最低,

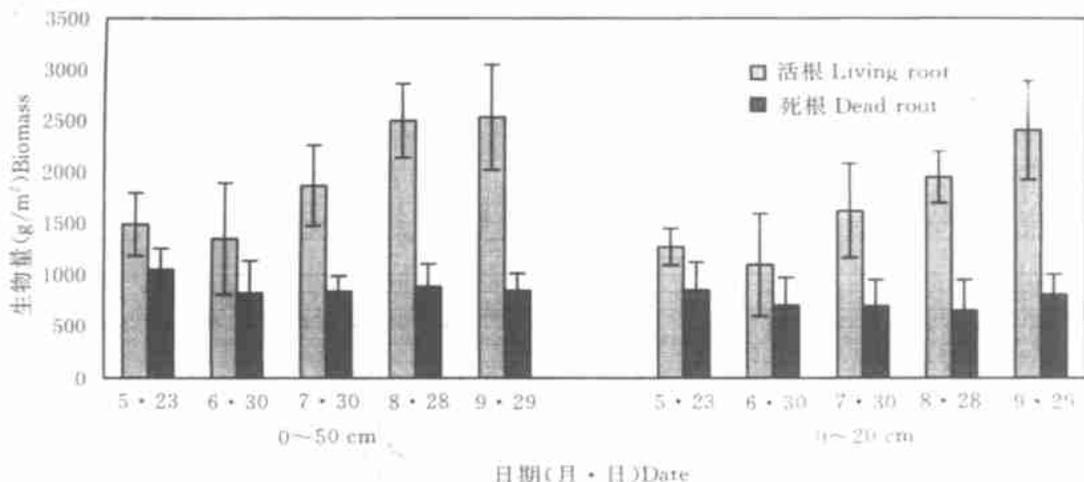


图 2 金露梅灌丛 0~ 50 cm、0~ 20 cm 土层中活根与死根生物量季节变化

Fig 2 Seasonal change of living and dead root biomass at two soil layers (0~ 50 cm, 0~ 20 cm) in *Potentilla fruticosa* shrub

此后水热条件渐渐有利于牧草生长发育和干物质的积累,活根量随之增加,到牧草枯黄期达到最高。牧草返青初期,死根生物量最高,以后随气候条件的改善,土壤动物和微生物活动加剧,死根被采食和分解,死根生物量逐渐减少。由于0~20 cm 土层中的地下生物量占据了90%左右的总地下生物量(表1),故0~20 cm 和0~50 cm 土层中死根量和活根量的变化规律基本一致,其中死根量间的相关系数为0.6490($P < 0.1, n = 5$),活根量间的相关系数为0.9569($P < 0.01, n = 5$)。

在牧草生长季节,0~50 cm 和0~20 cm 土层中活根生物量相对比例有增加的规律,而死根生物量的相对比例有减少的规律(表2)。经 T 检验,两土层中,不论活根、死根,生物量的相对比例差异均不显著($P > 0.05, n = 6$)。可以看出,0~20 cm 土层中的地下生物量在总生物量中的作用重大,完全可以用它的形成规律来说明金露梅灌丛地下生物量的形成规律。

2.4 地下净生产量及其周转值

地下净生产量用生长季内地下部分最大现存量与最小现存量的差值来计算^[29],地下生物量的周转值(turnover value)用来描述生态系统地下生物量的更新速度^[30],可用下式求得:

$$TR = AI / BBP$$

式中: TR 为周转值; AI 为地下生物量的年增量; BBP 为地下生物量的最大值。

表2 金露梅灌丛0~50 cm、0~20 cm 土层中活根、死根生物量相对比例的季节变化
Table 2 Seasonal change of relative proportion of living and dead root biomass at two soil layers in *Potentilla fruticosa* shrub

土层深(cm)	根别	5月23日	6月30日	7月30日	8月28日	9月29日	平均值
Soil depth	Root	May 23	June 30	July 30	August 28	September 29	Mean
0~50 cm	活根 Living root	58.65	62.17	69.03	75.00	74.99	67.97 ± 7.42
	死根 Dead root	41.35	37.83	30.97	25.00	25.01	32.03 ± 7.42
0~20 cm	活根 Living root	59.90	60.96	70.00	75.00	75.00	68.17 ± 7.37
	死根 Dead root	41.10	39.04	30.00	25.00	25.00	31.83 ± 7.65

表3 金露梅灌丛地下净生产量及其周转值

Table 3 Below-ground net production and its turnover value of *Potentilla fruticosa* shrub

土层深(cm)	最大值 Maximum		最小值 Minimum		净生产量 Net production (g/m ²)	周转值 Turnover value (%)
	数值(g/m ²) Production	日期 Date	数值(g/m ²) Production	日期 Date		
0~10	2880.96	9.29	1418.40	6.30	1462.56	50.77
11~20	569.28	8.28	329.16	9.29	240.12	42.18
21~30	257.44	6.30	120.56	7.30	136.88	53.17
31~50	173.60	5.23	43.52	9.29	130.08	74.93
0~50	3377.60	9.29	2171.20	6.30	1206.40	35.72

由表3可以看出,金露梅灌丛草场地下生物量的周转值为35.72%,这与美国密苏里州草原的研究结果^[31]基本接近,比内蒙古大针茅草原的有所偏低^[30],这种异同与草场主要植物种群的生态-生物学特性、物候期^[11]、海拔、降水量、温度和湿度等环境因子^[18]以及放牧制度^[32,33]等的不同有关。其中,各土层的周转值表现出随土壤深度增大而增大的趋势,第2层的最低,仅为42.18%;第4层的最高,可达74.93%。这与马克平等^[8]在小叶章草甸上的研究结果基本一致。金露梅灌丛草场地下净生产量可达1206.4 g/m²,略高于高寒草甸地区的研究结果^[18]。

2.5 地下生物量与地上生物量之间的关系

植物的各部分是一个统一的整体, 地上部对地下部的生长有重要影响, 它是地下部生长发育的能量来源, 并依靠地下部吸收生长所需的水分和营养物质。金露梅灌丛地下生物量与地上生物量之间的关系也同样反映了金露梅灌丛植物地上、地下部分之间的相互依赖和相互影响。经相关性检验, 金露梅灌丛地上生物量与地下生物量之间的相关性达显著水平, $r=0.8086 (P < 0.05, n=5)$ 。

地下生物量与地上生物量的比值即根、茎比是生态系统的重要参数, 由表 4 可以看出, 地下、地上生物量比的季节变化较大, 越接近返青期, 比值越大。按照马克平等的观点^[8], 作为生态系统的特征值应具有较为稳定的特点, 以地上生物量达到极大值时的根、茎比作为草场生态系统地下、地上生物量之比值, 故以 8.89 作为金露梅灌丛的根、茎比。地下与地上净生产量的比值仅为 3.44, 小于根、茎比(表 4)。

地下生物量在总生物量中所占的比例是对植物地上、地下相互关系的直观反映, 它的季节变化趋势类似于地下与地上生物量的比值, 接近于生长季始末, 比值较大(表 4)。在地上生物量达到最大的 8 月下旬比值最小, 仅为 0.8989。这比瑞士中部地带草场^[36]和东北小叶章草场^[8]的同样比值都要高。金露梅灌丛草场地下净生产量与总净生产量的比值为 0.7750, 略小于地下生物量与总生物量的比值(表 4)。

表 4 金露梅灌丛地下与地上生物量动态及其相互关系

Table 4 Dynamics of below-ground and above-ground biomass and their relations in *Potentilla fruticosa* shrub g/m^2

日期 Date	5.23 May 23	6.30 June 30	7.30 July 30	8.28 August 28	9.29 September 29	平均值 Mean	净生产量 Net production
地下生物量 Below-ground biomass	2537.44	2171.2	2704.32	3335.04	3377.60	2825.12 ± 522.07	1206.4
地上生物量 Above-ground biomass	24.74	111.28	278.64	375.06	303.14	218.57 ± 145.20	350.32
总生物量 Total biomass	2562.18	2282.48	2982.96	3710.10	3680.74	3043.69 ± 645.16	1556.72
地下: 地上 Below: Above	102.56	19.51	9.71	8.89	11.14	30.36 ± 40.57	3.44
地下: 总 Below: Total	0.9903	0.9512	0.9066	0.8989	0.9176	0.9329 ± 0.038	0.7750

上述所论说明, 高寒地区植物地下生物量占有相当大的比例, 由于植物根系可以表现出众多的生态可塑性^[35], 所以可以认为这是高寒地区植物适应高寒生态环境的一个显著特征^[20,21]。

2.6 地下生物量与气象因子间的关系

不同月份金露梅灌丛地下生物量各不相同(图 1、表 4), 与温度、湿度等生态因子的差异有一定的关系^[18]。

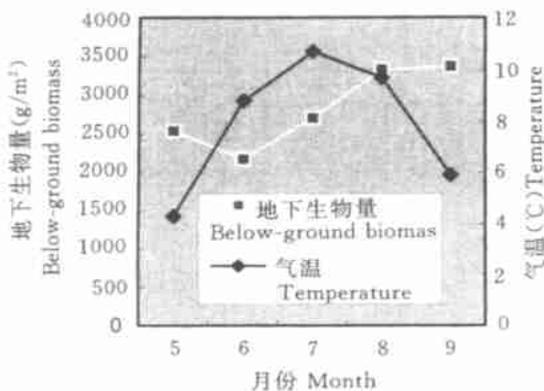


图 3 金露梅灌丛地下生物量与气温的关系

Fig 3 Relation between below-ground biomass and air temperature in *Potentilla fruticosa* shrub

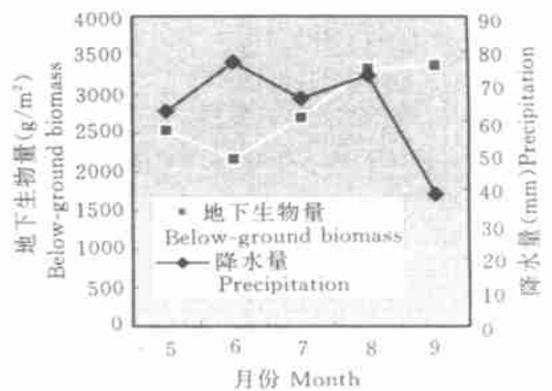


图 4 金露梅灌丛地下生物量与降水量的关系

Fig 3 Relation between below-ground biomass and precipitation in *Potentilla fruticosa* shrub

从气温、降水的月间动态与金露梅灌丛地下生物量的月间变化来看,两气象因子的变化与地下生物量具有负相关关系(图3、图4),这和高寒矮蒿草甸有相似之处^[18]。

金露梅灌丛在牧草生长季内月平均气温较低且降水量较少的时期,地下生物量较高;在月平均气温较高且降水量较多的时期,地下生物量反而较低。主要是因为气候条件较好时,植物的地上部分发育迅速,需要地下部分供给大量的能量,导致地下生物量降低。反之,在气温较低且降水较少的时期,植物地上部分生长发育受到抑制,地下部分储存的能量较多,地下生物量有所增多。当然,高寒地区植被的地下生物量与其他气象因子,如地温、土壤湿度等也有关系^[18]。

近年来,全球气候变化显著,气温不断升高^[36],金露梅灌丛分布区也不例外^[37],这将在一定程度上影响其地下根系的生长发育,进而影响草场生产力和高原畜牧业的发展。

3 结论

(1)金露梅灌丛地下生物量具有“V”字形季节变化规律和明显的垂直分布特征,7月初地下生物量最低,9月最高;0~20 cm深的土层中分布了89.87%的地下生物量。

(2)金露梅灌丛死根和活根的生物量变化有显著的季节变化规律。活根生物量呈“V”型变化规律,死根生物量呈减少的趋势。

(3)金露梅灌丛草场地下生物量的周转值为35.72%,地下净生产量为1206.4 g/m²。

(4)金露梅灌丛地下生物量与地上生物量、总生物量的比值,接近于生长季始末时最大。

(5)金露梅灌丛地下生物量与月平均气温和降水量有负相关关系。

(6)金露梅灌丛地下生物量的季节变化规律和垂直分布特征是植物长期适应高寒生境条件的结果和反映。

参考文献:

- [1] 安渊 内蒙古大针茅草地生产力及其可持续利用研究 I 放牧系统植物地上现存量研究[J]. 草业学报, 2001, 10(2): 22-27.
- [2] 李香真 小叶锦鸡儿灌丛引起的植物生物量和土壤化学元素含量的空间变异[J]. 草业学报, 2002, 11(1): 24-30.
- [3] 黄富祥 毛乌素沙地草甸芨芨草-盐爪爪群落地上生物量对气候因子的动态回归分析[J]. 草业学报, 2001, 10(4): 13-20.
- [4] Frank D A, Kuns M, Guido D R. Consumer control of grassland plant production[J]. Ecology, 2002, 83(3): 602-606.
- [5] 宇万泰, 于永强 植物地下生物量研究进展[J]. 应用生态学报, 2001, 12(6): 927-932.
- [6] Migue R, Brown V K. The vertical distribution of below-ground biomass in grassland communities in relation to grazing regime and habitat characteristics[J]. Journal of Vegetation Science, 1995, 6: 63-72.
- [7] 李扬汉 植物学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1984.
- [8] 马克平, 周瑞昌, 郭亚胜 小叶章草甸地下生物量形成规律的研究[J]. 草业科学, 1992, 9(2): 24-28.
- [9] Lauenroth W K, Whimam W C. A rapid method for washing roots[J]. Journal of Range Management, 1971, 24: 308-309.
- [10] Steen E. Root and rhizome dynamics in a perennial grass crop during an annual growth cycle[J]. Journal of Agricultural Research, 1985, 15: 25-30.
- [11] W 博姆著, 薛德裕, 谭协麟译 根系研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [12] Ram J, Singh J S, Singh S P. Plant biomass, species diversity and net primary production in a central Himalayan high altitude grassland[J]. Journal of Ecology, 1989, 77: 456-468.
- [13] 张金霞, 王在模 电导法测定高寒草甸根系死根及活根比例的研究[C]. 高寒草甸生态系统(第一集). 兰州: 甘肃人民出版社, 1982: 184-193.
- [14] 姜恕 羊草和大针茅草原群落生物量的初步比较研究[C]. 草原生态系统研究(第一集). 北京: 科学出版社, 1985: 12-23.
- [15] 王义凤 内蒙古大针茅草原主要群落生物量动态的观察[C]. 草原生态系统研究(第一集). 北京: 科学出版社, 1985: 64-73.
- [16] 王启基, 杨福国, 史顺海 高寒矮蒿草甸地下生物量形成规律的初步研究[C]. 高寒草甸生态系统国际学术讨论会论文集 北京: 科学出版社, 1988, 73-81.
- [17] 杨福国 矮蒿草甸生物量季节动态与年间动态[C]. 高寒草甸生态系统国际学术论文集 北京: 科学出版社, 1988: 61-71.

- [18] 李英年. 高寒草甸植物地下生物量与气象条件的关系及周转值分析[J]. 中国农业气象, 1998, 19(1): 36-38
- [19] 周兴民. 中国嵩草草甸[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [20] 周兴民, 王质彬, 杜庆. 青海植被[M]. 西宁: 青海人民出版社, 1987.
- [21] 王启基, 周兴民, 张堰青, 等. 青藏高原金露梅灌丛的结构特征及其生物量[J]. 西北植物学报, 1991: 11(4), 333-340
- [22] 董鸣. 陆地生物群落调查观测与分析[M]. 北京: 中国标准出版社, 1996
- [23] 李文华, 周兴民. 青藏高原生态系统及优化利用模式[M]. 广州: 广东科技出版社, 1998
- [24] 李家藻, 朱柱茹, 杨淘. 高寒草甸细菌生物量的研究[J]. 高原生物学集刊, 1985, (4): 107-117.
- [25] 蒋志刚, 夏武平. 高原鼠兔食物资源利用的研究[J]. 兽类学报, 1985, 5(4): 251-262
- [26] 王权业, 张堰铭, 魏万红, 等. 高原鼯鼠食性的研究[J]. 兽类学报, 2000, 20(3): 193-199
- [27] Lauenroth W K, Whitman W C. Dynamics of dry matter production in a mixed-grass prairie in Western north Dakota[J]. *Oecologia*, 1977, 27(4): 339-351.
- [28] 贾慎修. 草地学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1992
- [29] Singy J S, Yadava P S. Seasonal variation in composition, plant biomass and net primary productivity of a tropical grassland at Kurukshetra[J]. *India Ecological Monograph*, 1974, 44: 351-376
- [30] 陈佐忠, 黄德华. 内蒙古锡林河流域羊草草原与大针茅草原地下部分生产力和周转值的测定[C]. 草原生态系统研究(第二集). 北京: 科学出版社, 1988, 132-138
- [31] Dahman R C, Kucera C L. Root productivity and turnover value in native prairie[J]. *Ecology*, 1965, 46: 84-89
- [32] Coupland R T. Grassland ecosystems of the world ecological studies[M]. Berlin: Springer-verlag Press, 1979
- [33] 刘伟, 周立, 王溪. 不同放牧强度对植物及啮齿动物作用的研究[J]. 生态学报, 1999, 19(3): 376-382
- [34] Hansson A C, Andren O. Below-ground plant production in a perennial grass ley (*Festuca pratensis* Huds.) assessed with different methods[J]. *Journal of Applied Ecology*, 1986, 23(2): 657-666
- [35] IO 巴吐宁, 麦来·斯拉木. 植物根系的生态可塑性[J]. 干旱区研究, 1995, 12(1): 24-26
- [36] IPCC. Climate Change 1995: Radiative forcing of climate change intergovernment panel on climate change[C]. Cambridge University Press, 1996
- [37] 李英年. 中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站气候概述[J]. 资源生态环境网络研究动态, 1998, 9(3): 30-33

Study of formation pattern of below-ground biomass in *Potentilla fruticosa* shrub

ZHOU Hua-kun, ZHOU Li, ZHAO Xin-quan, SHENG Zhen-xi, LI Ying-nian,
ZHOU Xing-min, YAN Zuo-liang, LIU Wei

(Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Science, Xining 810001, China)

Abstract: The formation patterns of below-ground biomass was analyzed in *Potentilla fruticosa* dominated shrub. The results showed that the below-ground biomass of *Potentilla fruticosa* shrub obeyed the pattern of "V" type and had obvious vertical distributive characteristics. The biomass of dead and living root showed obvious seasonal changing laws. The turnover value of below-ground was 35.72% and the below-ground net production was 1.2064 g/m^2 . The proportion of below-ground biomass and above-ground biomass was higher at the beginning and ending growing season as well as with total biomass. The negative correlation was showed between below-ground biomass and average air temperature or precipitation monthly.

Key words: *Potentilla fruticosa* shrub; below-ground biomass; formation pattern