

黄土高原沟坡次生植被与 土壤营养现状的关系*

孙长忠 黄宝龙 陈海滨 张荣平 家永康

摘要 对黄土高原残塬沟壑区次生植被群落生物量与土壤养分之关系, 分别立地类型进行了研究。结果表明, 阳坡上部的群落生物量最低, 为 0.693 kg/m^2 , 阴坡上、下部和半阴坡下部相近且较高, 平均为 1.228 kg/m^2 。阴坡、阳坡的土壤有机质含量差异极显著; 同一坡向不同坡位, 相同层次的有机质趋于一致; 阴坡各立地类型 $0\sim 30 \text{ cm}$ 土层内平均为 24.15 g/kg , 阳坡相应层次均值为 14.26 g/kg 。 $0\sim 30 \text{ cm}$ 、 $0\sim 60 \text{ cm}$ 土层内, 有机质含量与地上草本植被生物量之间存在着显著的线性相关关系。其回归方程分别为 $y = 9.7 + 17.2x (r = 0.66)$ 和 $y = 6.9 + 11.7x (r = 0.62)$ 。

关键词 黄土高原 次生植被 群落生物量 土壤养分 回归估计

黄土高原经长期的植被破坏, 在丘陵沟壑区, 原始植被已不复存在。但代之以次生植被的繁衍, 亦有了很久的年代。加之黄土高原水热同期、降水集中的自然气候特点, 更适于生长快、生命周期短的草本植物生长^[1]。因此, 要认识各立地养分差异的根源, 须对植被与土壤养分的关系进行必要的探讨。为此, 选择黄土高原自然条件优越的半湿润区, 对不同立地现有次生植被生物量与土壤养分的关系进行了多点调查、采样分析, 以期增加对植被提高土壤肥力的认识, 从而进一步认识黄土高原植被恢复的意义。同时建立相关描述关系, 以达到通过直观、简便的植被调查, 便可确定土壤营养状况的实际应用目的。

1 研究地区自然概况

调查测定样地主要分布在黄土高原沟壑区南缘的陕西淳化、耀县境内, 两县纬度相当且相接壤。淳化县位于 $34^{\circ}43' \sim 35^{\circ}03' \text{ N}$, $108^{\circ}18' \sim 108^{\circ}50' \text{ E}$; 海拔 $630 \sim 1809 \text{ m}$, 属暖温带季风气候, 年平均气温 9.8°C , 无霜期 184 d ; 0°C 积温 3899.2°C , 历时 269 d , 10°C 的活动积温 281°C , 历时 173 d 。太阳年辐射总量 504.34 kJ/cm^2 , 年平均降水量 600.6 mm , 多集中于 $7\sim 9$ 月, 占全年降水量的 53% 。干燥度 $1.1\sim 1.38$, 属半湿润地区森林草原植被带。土壤属黑垆土和褐土两个地带性土壤的过渡地带, 而以非地带性土壤黄绵土类为主。

阴向沟坡草本主要以茵陈蒿 (*Artemisia capillaris* Thunb.)、蒿属 (*Artemisia* sp.) 其它种、阿尔泰紫苑 [*Heteropappus altaicus* (Willd.) Novopokr.] 等菊科及禾本科植物为主。灌木主要有黄蔷薇 (*Rosa hugonis* Hemsl.)、栒子木 (*Cotoneaster multiflorus* Bunge)、刺悬钩子 (*Rubus pungens* Canib.)、中华绣线菊 (*Spiraea chinensis* Maxim.) 等; 植被盖度 80% 左右。阳坡以草本为主, 主要有白草 (*Pennisetum flaccidum* Griseb.)、草地早熟禾 (*Poa pratensis* L.)、小菅草

1997—06—09 收稿。

孙长忠副教授(北京林业大学森林资源与环境学院 北京 100083); 黄宝龙(南京林业大学森林资源与环境学院); 陈海滨、张荣平、家永康(西北林学院)。

* 国家自然科学基金资助项目“黄土高原林地水分—植被互动效应理论研究”(39470579, 1995~1997年)。

[*Themeda hookeri* (Griseb.) A. Camus]、茵陈蒿(*A. capillaris* Thunb.)、阿尔泰紫苑[*H. altaicus* (Willd.) Novopokr.]等; 灌木主要是酸枣(*Ziziphus jujuba* Mill.); 植被盖度70%左右。调查选点以沟坡(长100~150 m)为主, 坡度多在26~35°。

2 研究方法

2.1 生物量测定

经作者对秋末与早春草本植物地上现存量(包括全部现存量及多年累积现存枯落物量)进行对比测定试验, 结果证明不同测定时期采样, 并未造成测定结果的显著差异。为使测定时间与春季造林设计调查时间相一致, 便于成果在宜林地土壤肥力评估时应用, 故在3月份植物萌芽前采样。按照阴、阳、半阴、半阳4个坡向; 各坡向又分上、下坡位, 共8个立地类型, 选取未经人为破坏的自然坡面设置调查样地。每一样地布设投影面积1.0 m²的样方3个, 调查各样方的植物种类, 齐地面剪取、采集地上现存生物量(包括地面现存全部枯落物量)。地下生物量是在原1.0 m²样方中, 再采用50 cm × 50 cm小样方, 根据发生学分0~30 cm、31~60 cm、61~100 cm共3个层次, 采用壕沟取土、水洗过筛的方法^[2]采样。即各层次土壤全部挖出, 用0.5 mm筛过筛, 收集筛

出根系。筛上所剩含细根土样, 带回水洗。地上、地下生物量均采用现地称重、取样, 室内85烘干。此项研究共调查、测定样方168个。

2.2 土壤养分测定^[3,4]

土壤有机质: 重铬酸钾容量法—水合热法; 全N: 采用高氯酸—硫酸快速硝化, 扩散定N法; 全P: 采用HClO₄-H₂SO₄硝化, 钼蓝比色法。

3 结果与分析

3.1 不同立地类型次生植被地上、地下生物量变化规律

3.1.1 地上生物量变化规律 对表1数据进行方差分析, 各立地类型差异显著。经过多重比较(S检验)分析, 仅阳坡上部与阴坡上部的地上生物量差异显著, 其均值分别为0.361 kg/m²和0.697 kg/m²; 其余立地类型均值为0.543 kg/m²。

表1 不同立地类型荒坡草本植物地上生物量 (单位: kg/m²)

立地类型	测 定 结 果*							平 均
阳坡上部	0.398	0.472	0.442	0.309	0.280	0.242	0.381	0.361
阳坡下部	0.551	0.304	0.488	0.464	0.916	0.527		0.542
半阳坡上部	0.488	0.618	0.294	0.554	0.471	0.526	0.333	0.443
半阳坡下部	0.485	0.388	0.882	0.596	0.282	0.341	0.628	0.515
阴坡上部	0.850	0.781	0.489	0.821	0.695	0.707	0.538	0.697
阴坡下部	0.528	0.465	0.580	0.549	0.554	0.913	0.486	0.582
半阴坡上部	0.750	0.979	0.522	0.262	0.462	0.397	0.588	0.566
半阴坡下部	0.680	0.633	0.618	0.708	0.600	0.580	0.448	0.610

* 表中每一测定值均为3个样方平均数, $F = 2.88^*$, $F_{0.05}(7, 48) = 2.21$ 。

将表1中半阴、半阳坡上、下部位的数据, 分别合并于阴、阳坡相应坡位, 并进行方差分析,

各立地类型的地上生物量差异达极显著水平。经多重比较(S 检验), 阴坡(类)上、下部与阳坡(类)上部分别达极显著和显著水平。阳坡上、下部分别为 0.404 kg/m^2 和 0.527 kg/m^2 ; 阴坡上、下部分别为 0.632 kg/m^2 和 0.596 kg/m^2 。

3.1.2 地下生物量变化规律 由表2可见, 各立地类型在 $0 \sim 100 \text{ cm}$ 土层中, 根系生物量变化范围为 $0.332 \sim 0.617 \text{ kg/m}^2$, 阴坡下部最高, 阳坡上部最低。从垂直剖面分布来看, 自上而下迅速降低, 各立地类型的分布规律一致。在 $0 \sim 30 \text{ cm}$ 范围内, 各立地类型平均占 $0 \sim 1.0 \text{ m}$ 土层中总生物量的 56.6% , $31 \sim 60 \text{ cm}$ 占 33.7% , $61 \sim 100 \text{ cm}$ 仅占 9.7% 。由此可见, 90% 以上的根系生物量主要集中于 60 cm 以上的土层中。

表2 不同立地类型植物地上地下生物量(平均值)及其比值 (单位: kg/m^2)

采样深度 (cm)	阳坡		阴坡		半阳坡		半阴坡	
	上部	下部	上部	下部	上部	下部	上部	下部
0~30	0.194	0.249	0.376	0.382	0.197	0.285	0.324	0.294
31~60	0.098	0.151	0.162	0.186	0.154	0.195	0.157	0.262
61~100	0.040	0.041	0.033	0.049	0.049	0.046	0.071	0.050
合计地下	0.332	0.441	0.571	0.617	0.400	0.526	0.552	0.606
地上	0.361	0.542	0.697	0.582	0.443	0.515	0.566	0.610
地上/地下	1.09	1.23	1.22	0.94	1.11	0.98	1.03	1.01

各立地类型地上生物量变化范围为 $0.361 \sim 0.697 \text{ kg/m}^2$, 不同立地类型间最大相差近一倍。但各立地类型其地上、地下生物量相近。比值 $0.94 \sim 1.23$, 平均为 1.08 , 保持着相对的稳定。从而说明, 在半湿润区其气候条件并未造成草本植物地上、地下平衡关系的失衡。

3.2 不同立地类型土壤营养状况分析

3.2.1 不同立地类型土壤有机质含量 由表3可见, 同一坡向不同坡位相同土层的有机质含量趋于一致。各坡向同一土层的有机质含量差异极显著, 阴坡各层的含量最高, 分别为 24.15 、 11.52 、 6.79 g/kg 。阳坡最低, 分别为 14.26 、 8.69 、 4.85 g/kg 。半阴、半阳坡介于二者之间。有机质与根量的变化规律一致, 由地面向下逐渐降低。但其递减速度明显低于根系生物量。

表3 不同立地类型各层土壤有机质、全N和全P含量 (单位: g/kg)

采样深度 (cm)	测定项目	阳坡		阴坡		半阳坡		半阴坡	
		上部	下部	上部	下部	上部	下部	上部	下部
0~30	有机质	12.74	15.77	22.12	26.17	18.58	20.5	15.14	17.64
	全N	0.95	1.09	1.26	1.58	1.06	1.10	1.03	0.98
	全P	0.47	0.46	0.48	0.45	0.57	0.46	0.45	0.45
31~60	有机质	8.47	8.91	10.45	12.59	9.4	9.69	10.74	10.23
	全N	0.56	0.38	0.66	0.78	0.56	0.65	0.56	0.55
	全P	0.23	0.20	0.27	0.30	0.30	0.27	0.37	0.39
61~100	有机质	5.41	4.29	6.4	7.17	5.22	5.44	4.93	4.94
	全N	0.34	0.27	0.28	0.35	0.34	0.57	0.25	0.26
	全P	0.22	0.22	0.25	0.27	0.23	0.22	0.21	0.23

3.2.2 土壤有机质与地上生物量相关性分析 为进一步分析地上生物量与土壤有机质之间的相互关系, 将所有测定数据, 不分立地类型, 进行统计运算。地上草本植被生物量与 $0 \sim$

30 cm、0~60 cm 土层内有机质含量, 存在有显著的线性相关关系。其线性回归方程分别为 $y = 9.7 + 17.2x$ ($r = 0.66, F = 32.99^{**}, F_{0.01}(1, 43) = 7.27$)、 $y = 6.9 + 11.7x$ ($r = 0.62, F = 26.77^{**}, F_{0.01}(1, 43) = 7.27$)。式中 x 为地上草本植被现存生物量(kg/m^2), y 为土壤有机质含量(g/kg)。经对方程回归显著性进行 F 检验, 两方程均达极显著水平, 可作为以地上生物量估测土壤有机质的依据, 并在实际生产中应用。

3.2.3 不同立地类型土壤全 N、全 P 变化规律及与地上生物量的关系 对各立地类型 0~30 cm 土层全 N 测定值进行统计分析, 结果表明阴坡下部除与阴坡上部差异不显著外, 与其余各立地类型均有显著差异。立地类型间表现出与土壤有机质相似的规律。由表 3 还可见, 土壤全 N 量在全剖面自上而下迅速递减, 表现出与地下生物量和土壤有机质完全一致的分布规律。土壤全 N 含量与有机质含量之间的线性回归系数达 0.90。但全 N 含量与地上、地下生物量间的相关系数仅为 0.45(线性关系检验虽达显著水平)。因而认为, 地上、地下生物量与土壤全 N 间, 存在着远较与土壤有机质间复杂得多的作用关系和影响因素(如植物种类组成等)^[1,5]。欲建立其确定的数量关系, 并达到以生物量评价土壤 N 素营养的目的, 尚需作进一步研究。

就全剖面而言, 土壤全 P 含量是由土壤矿物组成所决定的土壤营养指标, 与植被关系不大。经对其测定结果进行统计分析, 土壤全 P 含量各立地类型间无显著差异。从而说明所研究地区土壤矿物组成一致(均一的黄土母质)。因此, 全 P 在剖面上的非均匀式分布, 并非原土壤所固有, 而与植物的作用密切相关。研究全 P 在土壤剖面上的垂直分布规律, 对于全面认识植被对 P 聚集(再分配)的作用, 将有一定的参考意义。由表 3 可见, 全 P 含量在全剖面自上而下递减的趋势, 与植物地下生物量及土壤有机质分布规律相一致。但在 30 cm 以下, 全 P 含量则迅速递减并保持相对稳定。表层土壤中 P 含量的增高, 正是植物富积作用的结果。

4 结 论

(1) 黄土高原半湿润区沟坡次生植被, 其群落生物量(地上、地下之和)随立地条件变化明显。阳坡上部最低为 $0.693 \text{ kg}/\text{m}^2$, 阴坡上、下部和半阴坡下部数值相近, 平均为 $1.228 \text{ kg}/\text{m}^2$; 阳坡下部与半阳坡上部数值相近, 平均为 $0.913 \text{ kg}/\text{m}^2$; 半阳坡下部与半阴坡上部相近, 平均为 $1.080 \text{ kg}/\text{m}^2$ 。各立地平均为 $1.045 \text{ kg}/\text{m}^2$ 。

(2) 植物群落地上、地下生物量, 各立地间保持着相对的平衡关系, 其比值为 $0.98 \sim 1.23$, 平均为 1.08。地下生物量 90% 以上集中在自地面 60 cm 的土层内。

(3) 阴、阳坡向立地类型的土壤有机质含量差异极显著。阴坡各层次含量最高, 0~30 cm 平均为 $24.15 \text{ g}/\text{kg}$, 31~60 cm 为 $11.52 \text{ g}/\text{kg}$, 61~100 cm 为 $6.79 \text{ g}/\text{kg}$ 。阳坡最低, 各层次分别为 14.26 、 8.69 、 $4.85 \text{ g}/\text{kg}$; 半阴、半阳坡介于二者之间。同一坡向不同坡位, 相同层次有机质含量趋于一致。

(4) 0~30 cm、0~60 cm 土壤有机质含量与地上草本植被生物量, 存在着显著的线性相关关系。其线性回归方程分别为 $y = 9.7 + 17.2x$ ($r = 0.66$) 和 $y = 6.9 + 11.7x$ ($r = 0.62$)。可用于地上生物量对土壤有机质的估测。

(5) 表层土壤全 N 含量与地上生物量的关系复杂。其定量表达, 尚待进一步研究。

参 考 文 献

- 1 朱显谟. 黄土高原的形成与整治对策. 水土保持通报, 1991, 11(1): 1~8.
- 2 黄德华, 陈佐忠, 张鸿芳. 内蒙古锡林河中游不同类型草原根系生物量的比较研究. 植物学集刊, 1989, (2): 67~81.
- 3 南京农学院主编. 土壤农化分析(高等农业院校试用教材). 北京: 农业出版社, 1980. 39, 49~50, 63~65, 71~72.
- 4 中国土壤学会农业化学专业委员会编. 土壤农业化学常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1983. 82~84.
- 5 刘秉正, 王佑民. 人工刺槐林改良土壤的初步研究. 西北林学院学报, 1987, 2(1): 48~57.

Study on Relationships between Biomasses of Present Secondary Plant Community and Soil Fertility Conditions in Loess Plateau

*Sun Changzhong Huang Baolong Chen Haibin
Zhang Rongping Jia Yongkang*

Abstract The relationships between the biomasses of secondary plant community and the soil fertility factors were studied with site types in gully region in Loess Plateau. The results are as follows: (1) The mean biomass of plant community on all kinds of site types is 1.045 kg/m²; (2) The main content of soil organic matter, in 0~30 cm soil layer, is 24.15 g/kg on northern gully slope, and is 14.26 g/kg on southern gully slope. There are remarkable linear relationships between the soil organic matter contents in 0~30 cm and in 0~60 cm soil layers and ground biomasses of plant community. The linear regression equations are $y = 9.7 + 17.2x$ ($r = 0.66$) and $y = 6.9 + 11.7x$ ($r = 0.62$). The idea, using ground biomass of plant community to estimate the soil organic matter content, is right. The relationships between soil nitrogen contents and ground biomasses of plant community need to be studied further.

Key words loess plateau secondary plant community biomass of plant community soil fertility regression estimation

Sun Changzhong, Associate Professor (Faculty of Forest Resources and Environment, Beijing Forestry University Beijing 100083); Huang Baolong (Faculty of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University); Chen Haibin, Zhang Rongping, Jia Yongkang (Northwest Forestry College).