

# 青海湟水河流域退耕还林地沙棘林生物量研究

赵串串<sup>1</sup>, 杨宁贵<sup>1</sup>, 陆琦<sup>1</sup>, 董旭<sup>2</sup>, 辛文荣<sup>2</sup>

(1. 陕西科技大学 资源与环境学院, 西安 710021; 2. 青海省林业调查规划院, 西宁 810007)

**摘 要:**基于标准株全收获法和平均生物量法,对青海湟水河流域退耕还地沙棘林生物量研究表明:生物量变幅在 1 895.94~17 219.54 kg/hm<sup>2</sup>,地上部分占 56.20%~79.25%、地下部分占 20.75%~43.80%。各器官生物量分布比例也不同,其顺序是根>枝>干>叶。生物量与树高、地径、冠幅具有协同现象。生物量随树龄的增长符合 Logistic 生长模型,8 a 沙棘生长最快、经济系数最大,应适时间种或平茬等措施抚育林分。不同立地条件生物量亦存在较大差异,平坡>陡坡>斜坡>缓坡,半阴坡>阴坡>半阳坡>阳坡,下坡>脊部>中坡>上坡,黑钙土>棕钙土>栗钙土,盖度密>中>疏。降雨量、土壤水分含量与生物量变化一致,水分有效性高的种群,地上生物量所占比例大,单轴型个体多,觅养生长格局倾向于聚集型;水分有效性低的种群,地下生物量所占比例大,合轴型个体多,觅养生长格局倾向于游击型。

**关键词:**湟水河流域;退耕还林;沙棘;标准株;生物量

中图分类号:S718.542

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2010)04-0114-05

## Study on the Biomass of *Hippophae rhamnoides* L.-Forest on Converted Land in Huangshui River at Qinghai Province

ZHAO Chuan-chuan<sup>1</sup>, YANG Ning-gui<sup>1</sup>, LU Qi<sup>1</sup>, DONG Xu<sup>2</sup>, XIN Wen-rong<sup>2</sup>

(1. College of Resources & Environment, Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 710021, China; 2. Qinghai Provincial Forest Inventory and Planning Institute, Xi'ning 810008, China)

**Abstract:**Based on the harvesting of standard trees in sample plots, biomasses of *Hippophae rhamnoides* L.-forest on converted land was studied in Huangshui river at Qinghai province. The results showed that its biomass ranged from 1 895.94 kg/hm<sup>2</sup> to 17 219.54 kg/hm<sup>2</sup>. The ration of the biomass of above ground parts is 56.20%~79.25%, and the others is 20.75%~43.80%. The biomass distributing sequence of different organs is root>trunk>branches>leaves. There is a synergistic phenomenon between its biomass and its height, diameter and crown width. The law of biomass increased with the age is consistent with the Logistic growth model, in which 8 a is the fastest growth, the biggest economic factor, and the best period for stand tending. The biomass changes under different site conditions are quite different. Rainfall, soil moisture content and biomass changes were consistent. The single genotype, the ration of the biomass of above ground parts and the index of clonal growth form of the population at high level of soil moisture supply were higher than that of the population at low level of soil moisture supply.

**Key words:**Huangshui river watershed; converted land, *Hippophae rhamnoides* L.; harvesting of standard tree; biomass

生物量是指特定时间内森林群落现有活有机体的干物质总质量,生物量作为生态系统最基本的数量特征,反映了生态系统获取能量的能力,是研究生态系统物质循环、能量流动和生产力的基础。随着全球

温室效应的加剧,生物量的监测研究已成为全球环境问题新的研究热点<sup>[1-2]</sup>。沙棘(*Hippophae rhamnoides* L.)属胡颓子科多年生落叶灌木,具有较强的抗旱、抗瘠薄和根蘖能力,是保持水土的开源堤坝,是

青海退耕还林地首选树种。退耕还林是生态恢复的切入点和根本举措,因此,开展沙棘生物量的研究有着重要的理论和现实意义。

1 试验区概况

湟水河是黄河上游最大的一级支流,36°02′—37°28′N、100°42′—103°01′E,地处黄土高原向青藏高原的过渡地带,青海境内干流长 335.4 km,流域面积 161 万 hm<sup>2</sup>,占青海土地面积 2.3%,却承负着全省 56%的人口和 48%的 GDP,然而流域水土流失面积达 76.2 万 hm<sup>2</sup>,成为制约流域可持续发展的瓶颈<sup>[3]</sup>。海拔 1 600~4 800 m,高原干旱半干旱大陆性气候,年均气温 2.8~7.9℃、降水量 360~540 mm、蒸发量 1 100~1 800 mm、日照时数 2 480~2 920 h、无霜期 68~184 d、风速 1.2~2.8 m/s,地貌复杂多样,土壤垂直地带分布,森林覆盖率为 26.3%<sup>[4]</sup>。

2 试验材料和方法

2.1 试验设计

样地布设遵循全面性、代表性、地域性和可达性原则,造林密度为 2 500 株/hm<sup>2</sup> 时,取 95%置信度、90%精度和 15%的安全系数考虑,样地面积为 100 m<sup>2</sup>(10 m×10 m)就能保证测量的精度。采用平均生物量法,样地中 S 法设立 5 个样方(2 m×2 m),样

方样木检尺,主要测树因子有地径、树高、冠幅(南北和东西)等,计算各测量因子平均值,样地外选取标准株,采用全收获法,收获干、枝、叶、根部分。试验时间 2009 年 9 月底,此时生物量最大。对比分析时采用单因素随机区组设计,各类别取其样本单位面积干重平均值。

2.2 试验材料

2000 年后退耕造林采用容器育苗,树种为青海东峡林场乡土母树林种子,净度 95.1%、千粒重 8.9 g、发芽率 96.3%、发芽势 49.8%,苗高 15 cm(2 a 生),鱼鳞坑整地。

2.3 试验内容

沙棘生物量和含水率在各器官的分布规律,不同立地条件、生长因子、土壤类型及水分含量、降雨因素等对沙棘生物量的影响,沙棘结实性与经济系数的关系。

2.4 试验方法

将标准株整株伐倒,实测干、枝(包括果实)、叶、根鲜重,当样品鲜重不足 250.0 g 时,取其全部作为实验样品;当样品鲜重大于 250.0 g 时,混合均匀后取 250.0 g 做为实验样品。将样品先置于 105℃ 烘 2 h,再在 85℃ 烘 5~10 h,冷却至恒重称量,作为研究的基础数据。土壤水分现场用水分速测仪测定。测量和称重时每次 3 个重复,样地信息和试验结果见表 1—3。

表 1 监测区样地基本情况

样地序号	县域	横坐标	纵坐标	海拔/m	树龄/a	盖度/%	坡度/°	坡向	坡位	土壤	12 cm 土壤水分/%
1	平安	18236323	4033263	2611	9	60	12	北	中坡	栗钙土	4.1
2	平安	18235399	4033441	2518	9	75	3	南	下坡	栗钙土	4.7
3	平安	18240006	4027513	2994	11	70	10	东北	下坡	栗钙土	5.7
4	平安	18230511	4023904	2900	5	95	14	西	中坡	栗钙土	5.9
5	湟中	17712103	4086270	2990	6	80	20	西南	脊部	栗钙土	5.3
6	湟中	17711667	4085807	2930	3	20	18	南	中坡	栗钙土	2.9
7	湟中	17731062	4031961	2939	4	20	11	西	下坡	栗钙土	4.6
8	湟中	17730691	4032874	2949	4	18	22	东南	中坡	栗钙土	4.0
9	化隆	17766230	4016725	2934	6	75	16	东南	下坡	栗钙土	8.0
10	化隆	17783963	4007969	3108	5	50	7	西南	中坡	栗钙土	4.8
11	互助	17762132	4071210	2460	11	50	3	北	中坡	棕钙土	5.4
12	乐都	18246892	4030030	2847	7	70	20	西南	上坡	栗钙土	4.9
13	湟源	17701634	4054090	2852	11	75	25	南	中坡	棕钙土	4.2
14	大通	17726179	4119849	2770	11	90	20	西	下坡	黑钙土	8.3
15	循化	18277086	3954275	2623	7	75	4	西北	下坡	棕钙土	4.8

3 结果与分析

3.1 沙棘生物量和含水率在各器官的分布规律

由表 3 知,土壤类型和立地条件不同导致了沙棘样地生物量不同,生物量变幅在 1 895.94~17 219.54 kg/hm<sup>2</sup>,平均为 7 324.65 kg/hm<sup>2</sup>,地上占 56.20%~

79.25%、地下占 20.75%~43.80%。各器官生物量也不同,大小排序为根>枝>干>叶,根占总生物量的 20.75%~44.13%、枝占 19.27%~43.12%、干占 9.70%~29.85%、叶占 5.01%~23.07%。地上生物量中枝所占比例最大,占 49.02%;其次为干,占 32.71%;叶最小,占 18.27%;干枝和占 81.73%。沙

棘整株含水率在 54.67%~66.37%，平均 61.23%，不同器官含水率不同，根(68.62%)>叶(65.83%)>干(56.55)>枝(55.62%)，根是吸收水分和养分的主要器官，叶是光合作用产生生物量的主要器官，根叶的含水率比较高，可见沙棘水分利用率高，具有耐旱和御旱特性。

表 2 样地标准株测量情况

样地序号	林龄/a	地径/cm	树高/cm	冠幅/cm	年高生长量/cm	分枝数/个	主根长/cm	侧根长/cm
1	9	1.9	115.0	76.5	40.0	24	98	68
2	9	2.3	155.0	95.5	31.0	22	133	162
3	11	1.8	116.0	71.5	13.4	38	67	57
4	5	1.1	108.0	68.0	33.0	28	81	55
5	6	1.0	97.8	57.0	37.0	30	114	94
6	3	1.5	104.0	75.5	50.0	19	58	37
7	4	0.9	74.0	49.5	34.0	21	29	32
8	4	1.2	86.3	72.0	45.0	27	44	21
9	6	1.3	126.8	64.0	30.5	31	36	43
10	5	1.8	93.0	82.5	39.0	37	37	46
11	11	1.8	174.0	100.5	39.0	36	75	80
12	7	1.8	120.0	98.0	45.0	50	63	120
13	11	1.6	99.0	62.0	20.0	33	98	142
14	11	3.7	217.0	132.5	37.0	31	208	150
15	7	1.2	71.0	60.0	20.0	20	75	62

表 3 样地标准株生物量情况

样地序号	标准株鲜重/g				标准株干重/g				茎根比	样地株数/ 株	鲜重/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	干重/ (kg·hm <sup>-2</sup> )
	干	枝	叶	根	干	枝	叶	根				
1	197.17	167.31	155.09	628.54	87.73	74.69	55.47	169.80	1.28	175	20091.93	6784.74
2	373.93	590.03	199.23	531.29	146.69	264.36	74.86	127.19	3.82	200	33889.60	12261.95
3	226.63	267.82	73.67	339.15	100.67	122.86	16.91	96.76	2.48	225	20413.58	7587.00
4	62.84	91.08	52.86	137.96	25.35	35.40	13.57	40.92	1.82	575	19822.55	6626.21
5	47.06	201.49	122.68	165.99	18.92	83.62	40.57	51.93	2.76	325	17459.65	6338.67
6	71.23	137.11	105.12	175.04	28.88	56.27	26.68	49.82	2.24	125	6106.25	2020.68
7	48.84	94.61	73.49	105.66	28.15	35.96	21.72	32.30	2.66	250	8065.00	2953.18
8	50.81	88.75	35.37	151.16	22.17	36.62	13.27	54.33	1.33	150	4891.35	1895.94
9	102.96	155.31	76.45	167.31	44.25	74.28	28.81	51.94	2.84	275	13805.83	5480.40
10	100.61	137.55	69.73	199.21	52.13	73.43	28.36	70.66	2.18	125	6338.75	2807.24
11	247.66	395.44	180.11	362.20	106.63	172.27	70.70	110.51	3.16	275	32598.78	12652.99
12	189.30	212.53	139.68	298.12	94.58	104.13	51.75	118.40	2.12	150	12594.45	5532.90
13	104.83	235.91	199.56	206.32	34.88	104.98	62.93	70.03	2.90	275	20532.05	7502.53
14	868.46	872.21	224.73	1746.86	320.73	391.89	89.37	575.57	1.39	125	46403.25	17219.54
15	123.61	231.13	135.83	248.24	47.91	107.51	53.01	78.76	2.65	425	31399.43	12205.85
平均	187.73	258.55	122.91	364.20	77.31	115.88	43.20	113.26	2.37	245.00	19627.50	7324.65

茎根比是地上部分与地下部分生物量的比值，沙棘茎根比变幅在 1.28~3.82，平均 2.37，其与生物量有着很好的协同性，随树龄的增大呈增大的趋势，这反映了沙棘生长过程中地上部分较地下部分增长更快的生长特征。水肥条件较好时茎根比较高，主要投资地上部分尤其是枝干的生长，形成高大的树体，根系发育相对较弱，倾向于对克隆器官的投资；水肥条件较差时茎根比较低，主要投资地下部分尤其对根系的投资，这是繁殖与生长权衡及水分生态适应策略。

3.2 立地条件对沙棘生物量的影响

按坡度分类样地，平坡 3 个样本(序号 2,11,15)、缓坡 5 个样本(1,3,4,7,10)、斜坡 6 个样本(5,6,8,9,12,14)、陡坡 1 个样本(15)，经计算平均生物量依次为 12 373.60,5 351.67, 6 414.69,7 502.53 kg/hm<sup>2</sup>，平坡>陡坡>斜坡>缓坡。

按坡向分类样地，阴坡 3 个样本(序号 1,3,11)、半阴坡 1 个样本(15)、阳坡 6 个样本(2,5,6,10,12,13)、半阳坡 5 个样本(4,7,8,9,14)，经计算生物量依次为 9 008.24,12 205.85,6 077.33 ,6 835.05 kg/hm<sup>2</sup>，半阴坡>阴坡>半阳坡>阳坡。

按坡位分类样地，脊部 1 个样本(序号 5)、上坡 1 个样本(12)、中坡 7 个样本(1,4,6,8,10,11,13)、下坡 6 个样本(2,3,7,9,14,15)，经计算平均生物量依次为 6 338.67,5 532.90,5 755.76 ,9 617.99 kg/

hm<sup>2</sup>, 下坡>脊部>中坡>上坡。

### 3.3 土壤类型及其水分含量对沙棘生物量的影响

按土壤类型分类样地,黑钙土 1 个样本(序号 14)、棕钙土 3 个样本(11,13,15)、其余 11 个样本为栗钙土,经计算平均生物量依次为 17 219.54, 10 787.12,5 480.81 kg/hm<sup>2</sup>,黑钙土>棕钙土>栗钙土,与土壤肥水条件一致。

黄丘区蒸发量大于降水量,土壤水分处于亏缺状态,出现土壤干层现象,土壤侵蚀主要发生在表层<sup>[5]</sup>。选用 12 cm 土壤水分作为研究数据,按水分分类样本,区间(2.0%~2.9%)1 个样本(序号 6)、区间(4.0%~4.9%)8 个样本(1,2,7,8,10,12,13,15)、区间(5.0%~5.9%)4 个样本(3,4,5,11)、区间(8.0%~8.9%)2 个样本(9,14),经计算区间平均生物量依次为 2 020.68,6 493.04,8 301.22,11 349.97 kg/hm<sup>2</sup>,生物量与土壤水分含量一致。

干旱半干旱地区,土壤水分是影响植物生长的主导因子,植物生长通过表型可塑性对土壤水分条件做出响应<sup>[6-7]</sup>。沙棘表皮角质层和蜡质较厚,机械组织发达、细胞壁厚;叶片两面密被银白色鳞片和星状毛,气孔多而小,能够保持较低的蒸腾水平;根周皮薄、壁组

织发达,细胞间隙大,水平根系发达,分布浅,75%以上根系分布在表层土 15 cm 内,吸收性的细根和毛细根比较长,水分条件适应幅度也较大,根瘤菌主要分布在 0—15 cm 土层和径级小于 0.1 cm 的细根上,以 4~8 a 林上分布数量最多,使沙棘具有抗旱御寒抗瘠特征。

### 3.4 降雨量对沙棘生物量的影响

黄土高原地区多为超渗产流<sup>[8]</sup>,降雨是植物获取水分的主要途径,水分是植物生长发育的限制因子,降雨量的大小直接影响到植物的生长和繁殖。以 11 a 林样本作为研究对象,序号 14(大通)、11(互助)、13(湟源)、3(平安)生物量依次为 17 219.54,10 880.98, 7 502.53,7 587.00 kg/hm<sup>2</sup>;降雨量顺序为<sup>[9]</sup>:大通(520.4 mm)>互助(491.2 mm)>湟源(405.5 mm)>平安(337.1 mm),生物量变化与降雨量一致,两者呈正相关性。

### 3.5 生长因子对沙棘生物量的影响

由图 1 知,沙棘生物量与地径、树高和冠幅具有协同现象,随着林龄的增加而增加。年高生长量为当年新生枝条的长度,幼龄时随着林龄的增加而增加,随着资源竞争剧烈,至 8 a 左右年高生长量呈逐渐减小趋势。

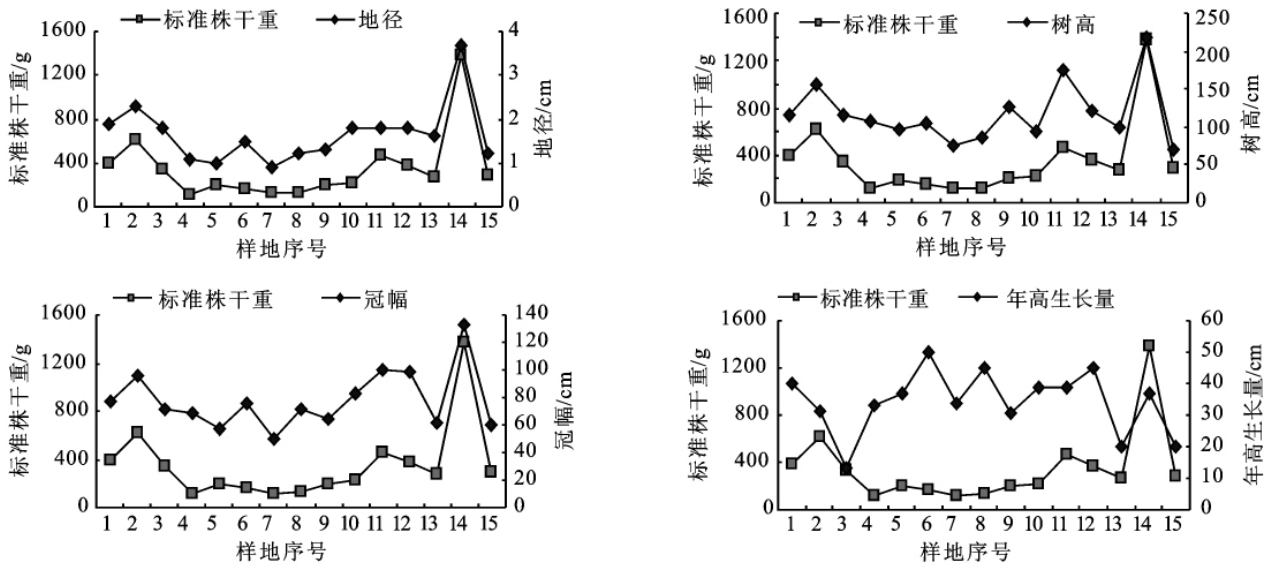


图 1 生长因子与生物量关系

沙棘萌蘖能力强,通过林窗更新、林缘扩散等克隆可塑性调节,对生境异质性或资源供应水平做出响应,进而来维持种群的稳定性和有效性。土壤水分有效性高的种群,其地上生物量所占比例大,萌蘖分枝强度高、间隔短、角度大,单轴型个体多,以环状链形式密集分布在生境中,觅养生长格局倾向于聚集型,具有进化和竞争上的优势。土壤水分有效性低的种群,地下生物量所占比例大,萌蘖分枝强度低、间隔长、角度小,合轴型个体多,以直线链形式稀疏分布在生境中,觅养生

长格局倾向于游击型,利于占据生境空间及资源。不同径级根系干重和长度的分配并不同步,根径增粗根长则降低,1~2 cm 径级的根系生物量占根系总量的 50%以上,小于 0.5 cm 径级的毛细根长度占根系总长的 72%以上,有效根密度(径级小于 0.1 cm 的根系)与土壤抗冲性关系密切<sup>[10]</sup>,比根长(根长和生物量的比值)大<sup>[11]</sup>,根系投资—收益效率高。

按林龄分类样地,3 龄 1 个样本(序号 6)、4 龄 2 个样本(7、8)、5 龄 2 个样本(4、10)、6 龄 2 个样本(5,

9)、7 龄 2 个样本(12,15)、9 龄 2 个样本(1、2)、11 龄 4 个样本(3,11,13,14)。沙棘生物量随树龄的增长符合 Logistic 生长模型,开始随着树龄逐渐增加,沙棘生物量增大很快,8 a 后增长减慢,最后生物量不再增大而趋于平稳,见图 2。研究表明枝和干所占的比率随树龄的增长而增大,随着枯落物的增加,叶子所占比率随树龄增大而减小。

3.6 结实性与经济系数的关系

为探究退耕还沙棘林的经济价值,引入经济系数参数,所谓经济系数就是指沙棘单株产果量与其地上部分总鲜重的百分比。Ⅱ龄级(3~4 a)为沙棘结果初期,产果量为 0.004 2 kg,经济系数仅为 1.79;盛果期从Ⅲ龄级(5~6 a)开始,产果量 0.039 kg,经济系数猛增为 12.78;Ⅳ龄级(7~8 a)产果量增至 0.157 kg,经济系数最大,达 30.42;Ⅴ龄级(9~10 a)产果量

最高,达 0.201 kg,由于同期枝干生物量增长迅速,导致经济系数降至 23.89,Ⅵ龄级(11~12 a)后转入衰果期,产量减至 0.196 kg,经济系数减为 20.12。见表 4 果实大小随树龄的变化差异很大,Ⅱ龄级果型小,百果重 14.4 g;Ⅲ龄级进入盛果期,果型大,百果重猛增为 21.5 g;由于座果率太大,Ⅳ龄级起百果重有所减少。

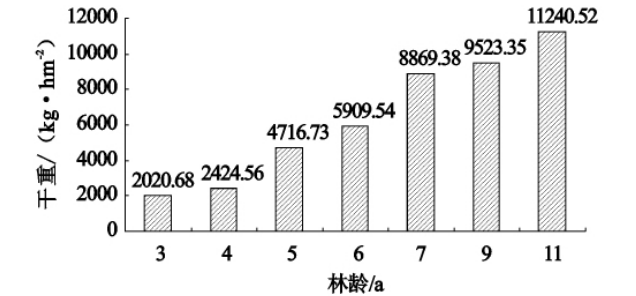


图 2 生物量与林龄关系

表 4 沙棘结实性与经济系数关系

类别	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ
林龄/a	3~4	5~6	7~8	9~10	11~12
样本数/个	3	4	2	2	4
样地序号	6,7,8	4,5,9,10	12,15	1,2	3,11,13,14
百果重/g	14.4	21.5	20.7	20.3	19.1
产果量/kg	0.0042	0.039	0.157	0.201	0.196
地上鲜重/kg	0.2351	0.3052	0.5160	0.8414	0.9743
经济系数/%	1.79	12.78	30.42	23.89	20.12

4 结论与建议

沙棘生物量与树高、地径、冠幅具有协同现象,与降雨量变化趋势一致,随树龄的增长符合 Logistic 生长模型,不同立地条件生物量亦存在较大的差异,生物量变幅在 1 895.94~17 219.54 kg/hm<sup>2</sup>,地上部分占 56.20%~79.25%、地下占 20.75%~43.80%,各器官生物量也不同,根>枝>干>叶。海拔 2 700 m 左右,年降水量 400 mm 以上,土壤为冲积土、栗钙土的河滩、沟谷、阴坡和半阴坡,是沙棘适生的立地条件。以沙棘为先锋群落树种,以 8 a 为限,此时沙棘生物量增长最快、经济系数最大,可以间种青海云杉或杨树,或平茬复壮等抚育措施进行林分改造。依靠科技创新,突破造林时空限制,优化雌雄株配置,合理发展人工林。

[参考文献]

[1] 李光录,姚军,庞小明. 黄土丘陵区土壤和泥沙不同粒径有机碳分布及其侵蚀过程[J]. 土壤学报,2008,45(4): 740-744.

[2] 刘增文,高国雄,吕月玲,等. 不同立地条件下沙棘种群生物量的比较与预估[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2007,31(1):37-41.

[3] 赵串串,董旭,辛文荣,等. 青海湟水河流域不同退耕还林模式水土保持效应[J]. 水土保持学报,2009,23(5): 26-29.

[4] 赵串串,董旭,辛文荣,等. 青海湟水河流域水土流失原因及防治措施分析[J]. 水土保持研究,2008,15(6): 200-203.

[5] 沈慧,姜凤岐,杜晓军. 水土保持林土壤抗蚀性能评价研究[J]. 应用生态学报,2000,11(3):345-348.

[6] 李根前,黄宝龙,唐德瑞,等. 毛乌素沙地中国沙棘无性系生长调节[J]. 应用生态学报,2001,12(5):682-686.

[7] 阮成江,李代琼. 半干旱黄土丘陵区沙棘林地土壤水分及其对沙棘生长影响研究[J]. 水土保持通报,1999,19(5):27-30.

[8] 王兴奎,徐世涛,李丹勋,等. 黄土丘陵沟壑区降雨产流产沙特性及治理模式[J]. 清华大学学报:自然科学版,2001,41(8):107-109.

[9] 青海省统计局. 青海统计年鉴 2008[M]. 北京:中国统计出版社,2009.

[10] 赵思金,韩烈保,宋桂龙,等. 不同人工灌木与草混播群落中 4 种灌木根系分布的研究[J]. 西北植物学报,2008,28(4):0799-0804.

[11] 韦兰英,上官周平. 黄土高原白羊草、沙棘和辽东栎细根比根长特性[J]. 生态学报,2006,26(12):4164-4170.