

# 青海省大通县退耕还林对土壤理化性质的影响<sup>\*</sup>

韩磊<sup>1</sup>, 郑佳丽<sup>2</sup>, 贺康宁<sup>1</sup>, 郑国强<sup>1</sup>, 王占林<sup>3</sup>

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 深圳市水务局, 广东 深圳 518036; 3. 青海省农林科学院林业所, 西宁 810016)

**摘要:** 为全面了解退耕还林对土壤理化性质的影响, 在青海省大通县选取退耕年限分别为 5 a 以内、5~10 a、10~20 a、20 a 以上的青海云杉群落及其对比的青海云杉天然次生林及耕地群落, 采用标准地调查法, 分层取土样, 对各群落表层和中下层土壤理化性状进行对比分析, 结果表明: 土壤容重、总孔隙度、毛管孔隙度、土壤团粒、大团聚体含量均表现为天然林地>退耕地>耕地, 且随着退耕时间的延长, 土壤孔隙状况和结构性能越来越接近于天然林地; 土壤有机质、全氮、速效钾、CEC 均表现为天然林地>退耕地>农耕地, 而且与农耕地相比, 退耕地土壤碱性有了明显的改善, 且随着退耕时间的延长, 越来越偏向于天然林地。

**关键词:** 退耕还林; 土壤理化性质; 大通县

中图分类号: X171.1; S153

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)03-0100-05

## Effect of Returning Farmland into Forest on Soil Physicochemical Properties in Datong County of Qinghai Province

HAN Lei<sup>1</sup>, ZHENG Jia-li<sup>2</sup>, HE Kang-ning<sup>1</sup>, ZHENG Guo-qiang<sup>1</sup>, WANG Zhan-lin<sup>3</sup>

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Shenzhen Water Resource Bureau, Shenzhen, Guangdong 518036, China; 3. Academy of Qinghai Agriculture and Forestry, Xi'ning 810016, China)

**Abstract:** In order to know the effect of returning farmland into forest on soil physicochemical properties, the various plant communities of *Picea crassifolia* with different converting time (5 years below, 5~10 years, 10~20 years and 20 years above) together with the contrastive types of natural forest and cultivated farmland have been selected in Datong county of Qinghai. And the soil physicochemical properties in the top, middle and bottom layer of these different communities were comparatively analyzed. The main result shows that returning farmland into forest has a great impact on soil physicochemical properties. Soil bulk density, total porosity, capillary porosity, soil aggregate, large aggregate have shown for the natural woodland> converted farmland> farmland, and as the extension of the time, the performance of returning farmland to forest is getting closer and closer to natural forest land. Meanwhile the content of soil organic matter, total N, rapid available K, CEC have shown the same for the natural woodland> converted farmland> farmland. Compared with farmland, the pH value of soil is a marked improvement, as the extension of the time, the performance of returning farmland to forest is getting closer and closer to natural forest land.

**Key words:** returning farmland into forest land; soil physicochemical properties; Datong County

退耕还林是当前西部大开发战略中的关键问题之一, 已逐渐成为学术界研究的重点。退耕还林还草是根治水土流失、防治荒漠化的根本性措施之

一<sup>[1]</sup>。遵循“适地适树”的原则, 仿照自然植物群落结构, 在退耕地通过人工手段恢复林草植被后, 其植被的功能表现如何, 是退耕地生态恢复与植被重建

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2008-11-03

基金项目: 国家“十一五”科技支撑专题“黄土高原西部高寒区水土保持型林草植被恢复技术试验示范”(2006BAD03A1203)

作者简介: 韩磊(1985-), 男, 宁夏平罗县人, 在读硕士, 主要研究方向: 水土保持、林业生态工程。E-mail: layhan@163.com

通信作者: 贺康宁(1962-), 男, 陕西蓝田人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向: 水土保持、林业生态工程、抗旱造林技术等。E-mail: hkn@bjfu.edu.cn

中十分重要的研究内容之一<sup>[2-3]</sup>。退耕还林是土壤与植被协同演化的过程<sup>[4]</sup>, 因此, 研究退耕还林还草后土壤的变化过程及其实质, 对于开发加速植被恢复的优化调控技术, 具有积极的理论与实践意义。

以青海省大通县为例, 根据其特殊的地理位置、独特的自然生态环境特点和退耕还林概况, 选择大通县不同年份退耕还林还草的人工植被类型, 对不同退耕年限的青海云杉群落及其对比的青海云杉天然次生林及耕地群落的表层和中下层土壤理化性状进行对比分析, 从而反映退耕还林对土壤理化性状的影响。

1 研究区概况

研究区大通县位于青海省东部, 地处青藏高原与黄土高原过渡地带<sup>[5]</sup>。地理位置介于东经 100° 51′ - 101° 56′、北纬 36° 43′ - 37° 23′, 海拔 2 280 ~ 4 622 m。深居内陆, 属于温带高寒大陆性气候, 年平均气温 2. 8℃, 极端最高气温 30. 9℃, 极端最低气温为 - 33. 1℃, 无霜期 70~ 120 d 左右(脑山地区仅 50~ 70 d); 多年平均降雨量 508 mm, 降水多集中在 7~ 9 月, 全县历年平均蒸发总量为 1 290 mm。全县共分为 8 个土类, 包括高山石质土、高山草甸土、山地棕褐土、黑钙土、栗钙土、潮砂土、垫淤土、沼泽土, 这些土壤垂直分布比较明显。土壤保肥性能中等偏低, 供肥性能一般, 土壤酸碱度中性偏碱, 普遍含有碳酸钙。

研究区森林植被集中分布于北川河及其支流的河谷两岸, 属于青藏高原高寒植物区域。主要的乔木树种有青海云杉(*Picea crassifolia*), 白桦(*Betula platyphylla*)等。在退耕还林还草工程中, 人工造林的主要乔木树种有青海云杉、白桦、华北落叶松

(*Larix principis - rupprechi*)、青杨(*Populus cathayana*)等。

2 研究方法

选取退耕年限分别为 5 a 以内、5~ 10 a、10~ 20 a、20 a 以上的青海云杉群落及其对比的青海云杉天然次生林与耕地群落, 采用标准地调查法, 根据具体地段的立地条件、植被及土地利用方式等, 选取代表性地段, 设置标准地。标准样地内选取典型地段挖取典型土壤剖面(2 m×1 m×1. 5 m~ 2 m), 每个标准地挖取三个剖面, 土壤剖面观察记载后即进行土壤取样, 采用分层和混合两种办法, 分层取样为 0~ 20 cm, 20~ 40 cm, 40~ 60 cm, 60~ 80 cm, 每层各取一袋(1 kg 左右); 混合取样为每个样地剖面(3 个)分层混合后取土 1 袋。同时, 每个样方按不同深度分别环刀取土, 用来测量土壤容重。

土壤理化性质分析采用常规分析方法, 其中, 土壤物理性质测定项目包括土壤容重、团聚体、孔隙度等; 化学性质测定项目包括土壤有机质、全氮、全磷、全钾、水解 N、速效 P、速效 K、pH 值、CaCO<sub>3</sub> 等<sup>[6-7]</sup>, 土壤理化性质的测定统一由中科院水土保持研究所分析中心完成。

3 结果与分析

3. 1 退耕还林对土壤物理性质的影响

3. 1. 1 退耕还林对土壤容重的影响 土壤容重是指单位体积原状土的烘干重, 它是土壤最基本的物理性质, 与土壤孔隙率高低有关, 并影响土壤的保水能力和渗透性能<sup>[8]</sup>。不同退耕时间青海云杉人工群落及其对比青海云杉天然林和耕地群落的土壤容重如表 1 所示。

表 1 不同退耕时间青海云杉人工群落及其对比类型群落土壤容重、孔隙度和水分状况

编号	对比类型	土壤层次/cm	土壤容重/(g·cm <sup>-3</sup> )	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%	总孔隙度/%
1	耕地	0~ 20	1. 316	38. 740	7. 885	46. 624
		20~ 80	1. 016	35. 055	6. 987	42. 042
2	5 a 以内退耕地	0~ 20	1. 317	54. 203	5. 447	59. 650
		20~ 80	1. 130	34. 097	3. 203	37. 300
3	5~ 10 a 青海云杉退耕地	0~ 20	1. 206	39. 709	4. 814	44. 523
		20~ 80	1. 124	35. 035	3. 836	38. 871
4	10~ 20 a 青海云杉退耕地	0~ 20	1. 275	50. 898	5. 651	56. 549
		20~ 80	1. 156	40. 755	4. 111	44. 866
5	20 a 以上青海云杉退耕地	0~ 20	1. 340	51. 877	4. 794	56. 671
		20~ 80	1. 141	41. 479	4. 111	45. 590
6	青海云杉天然林地	0~ 20	1. 304	54. 425	4. 825	59. 250
		20~ 80	1. 309	43. 941	2. 714	46. 655

从图 1 可以看出,随退耕年限增长,表层(0– 20 cm)土壤容重呈先降低后逐渐升高的“S”型曲线趋势,而中下层(20– 80 cm)土壤则呈逐渐升高的趋势。新退耕群落(5 a 以内)表层土壤容重较耕地变化较小,退耕 5~ 10 a 后,土壤容重反而有所下降,之后随着退耕时间的延长,土壤容重又逐渐升高,退耕 20 a 以上,林地土壤容重 1.308~ 1.352 g/cm<sup>3</sup>,与天然林地比较接近,趋于稳定。

土壤容重对比上述土壤容重的变化与退耕还林后人工林林分生长发育过程有关。退耕初期,林分郁闭度低,有机质积累少,同时表层土壤不再人为扰动,因而表层土壤容重基本未变;5~ 10 a 林分郁闭度增加,土壤有机质亦增加,表层土壤变得疏松,容重亦下降;退耕 15 a 以后,林分进入速生期,随着林分的逐渐郁闭(林下郁闭度可达 75% 以上),青海云杉林下土壤酸性淋溶作用加强,土壤紧实度增加,导致土壤容重增大。而中下层土壤容重逐渐增大则与土壤定向演化为森林土壤有关,特别是黏粒在下层增加,填充了部分大孔隙,从而导致土壤容重的增大。

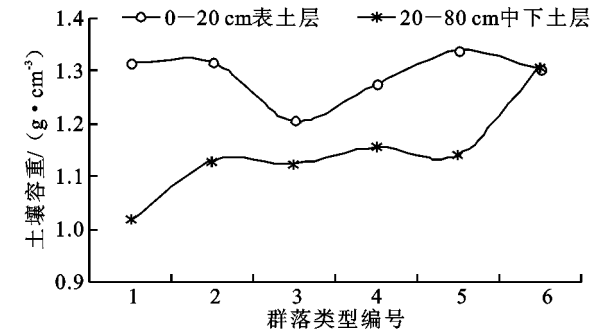


图 1 青海云杉人工群落与天然林及耕地群落

3.1.2 退耕还林对土壤孔隙状况的影响 土壤孔隙状况影响土壤通气性、透水性和林木根系生长,是土壤肥力的重要指标<sup>[9]</sup>。从图 2 和图 3 可以看出,不同类型青海云杉群落表层(0– 20 cm)土壤总孔隙度、毛管孔隙度的变化规律基本一致,随着退耕时间的增加呈先升高后降低再升高的趋势。中下层土壤(20– 80 cm)孔隙状况与表层土壤孔隙状况变化总体趋势相同,但又略有不同。表层土壤孔隙度在退耕 5 a 内有一个明显的上升,而中下层变化不大。分析其原因,退耕初期土壤表层生草化过程强烈,土壤有机质积累较快,促使土壤团聚体含量迅速提高,因而土壤总孔隙度随之增加,与之相适应的土壤毛管孔隙度亦增加。由于草本植物都是浅根性植物,这种变化尤其体现在土壤表层,而中下层土壤的变化则不明显;退耕 10 a 后,林分逐渐郁闭,林下喜阳性植物逐渐退出,有机质积累少,土壤孔隙度有所下降;退耕 15 a 后,林分进入速生期,随着林分的逐渐

郁闭,林分生物量逐渐增多,同时土壤中的有机物亦明显增加,土壤孔隙状况得到进一步改善;退耕 25 a 后人工林进入稳定生长期,林分结构基本稳定。而非毛管孔隙度变化不大,说明土壤中的大孔隙基本保持稳定。

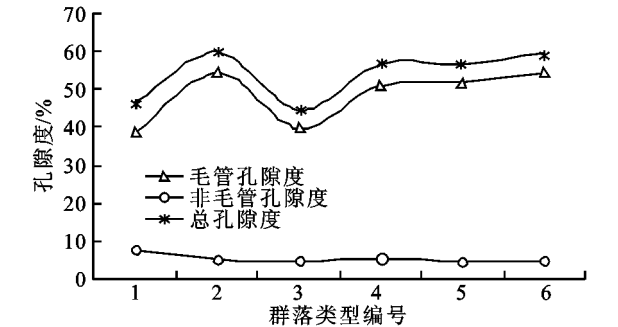


图 2 表层(0– 20 cm)土壤孔隙状况对比图

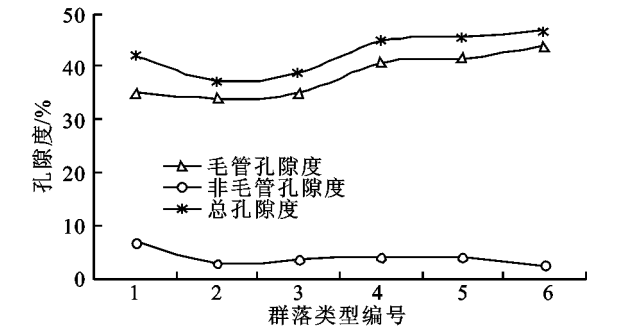


图 3 中下层(20– 80 cm)土壤孔隙度对比图

从表 1 还可以看出,对于各种地类,土壤表层的非毛管孔隙度均大于中下层,表土层的渗透性能比中下层好。总体上看,退耕地的土壤孔隙状况优于耕地,而与天然林地比较靠近,这说明退耕还林后,土壤的通气状况和持水能力得到改善和协调<sup>[10]</sup>,同时亦显示土壤有机质的积累对土壤孔隙状况产生的重大影响。

3.1.3 退耕还林对土壤结构的影响 土壤的结构性能是评价土壤质量高低和诊断土壤退化程度的重要指标之一,它主要通过土壤团粒结构(又叫水稳性团粒结构)来反映<sup>[11]</sup>。不同退耕时间青海云杉人工群落及其对比青海云杉天然林和农耕地群落的土壤各级团聚体含量如表 2 所示。

以常用来反映团粒性状的两个指标即> 0.25 mm 团粒含量和> 0.5 mm 团粒含量值来看(如图 4 所示),除了在退耕 5~ 10 a 处团聚体含量有所下降之外,大团聚体含量总体呈增长趋势,究其原因,退耕后,随着林分的生长发育,地上生物量和地表枯落物逐年增加,土壤有机质亦增加,进而土壤有机质转化为土壤腐殖质含量亦增多,土壤腐殖质与黏粒易结合为更大一级的团聚体,尤以> 5 mm 和 5~ 2 mm 粒级的团聚体含量增加较快。

表 2 不同退耕时间青海云杉人工群落及其对比类型群落土壤团粒含量 %

编号	对比类型	土壤层次/ cm	粒径					
			> 5 mm	5~ 2 mm	2~ 1 mm	1~ 0.5 mm	0.5~ 0.25 mm	< 0.25 mm
1	耕地	0- 20	33. 721	6. 865	9. 504	14. 644	8. 190	25. 640
		20- 80	29. 254	9. 010	17. 523	8. 994	9. 357	30. 685
2	5 a 以内退耕地	0- 20	28. 716	10. 123	13. 827	16. 209	6. 652	22. 559
		20- 80	24. 936	10. 807	12. 238	14. 536	11. 119	27. 787
3	5~ 10 a 青海云杉退耕地	0- 20	33. 721	6. 865	9. 504	14. 644	8. 190	21. 640
		20- 80	29. 254	9. 010	16. 518	8. 994	9. 357	23. 670
4	10~ 20 a 青海云杉退耕地	0- 20	41. 469	17. 231	15. 292	8. 006	3. 118	8. 401
		20- 80	32. 602	15. 686	13. 825	8. 982	4. 769	21. 099
5	20 a 以上青海云杉退耕地	0- 20	46. 491	12. 217	13. 959	9. 876	3. 662	7. 356
		20- 80	35. 609	14. 057	12. 563	9. 015	4. 561	18. 252
6	青海云杉天然林地	0- 20	43. 032	15. 748	18. 231	12. 532	5. 102	2. 603
		20- 80	35. 297	9. 726	15. 903	14. 225	6. 931	15. 925

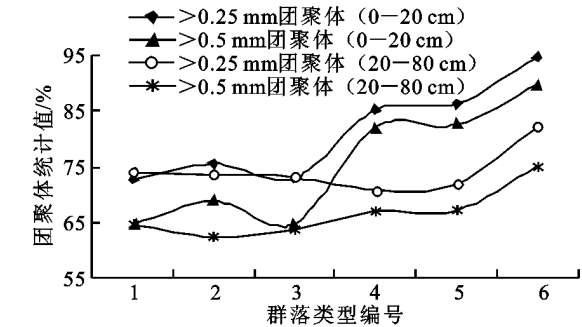


图 4 不同青海云杉群落土壤团粒含量变化

从图 4 可以看出, 表层> 0. 25 mm 团粒含量和> 0. 5 mm 团粒含量均大于中下层。从退耕 20 a 土壤来看,> 0. 25 mm 团粒含量, 表土层比中下土层高 13. 72%, > 0. 5 mm 团粒含量, 表土层比中下土

层高 15. 86%, 这说明退耕还林后土壤表层( 0- 20 cm) 有机质增加较快, 黏土和次生黏土与有机质的结合形成团聚体的能力加强, 而中下层有机质积累相对较慢。从总体上来看, 土壤团粒、大团聚体含量均表现为天然林地> 退耕地> 耕地, 且随着退耕时间的延长, 水稳性大团粒含量逐步增加。这些测定结果进一步说明了退耕还林对土壤团粒结构形成的重要影响, 体现出退耕还林对土壤结构的改善作用。

3. 2 退耕还林对土壤化学性质的影响

森林土壤中的养分动态变化是养分在自然环境循环中的一个复杂过程, 林分生长与土壤养分的动态变化有着密切关系。不同类型青海云杉群落的土壤化学性质测定值详见表 3。

表 3 不同退耕时间青海云杉人工群落及其对比类型群落土壤化学性质对比

编号	对比类型	土壤	全氮/	全磷/	全钾/	水解氮/	速效磷/	速效钾/	有机质/	CaCO <sub>3</sub> /	pH 值	CEC/
		层次/ cm	%	%	%	( mg • kg <sup>-1</sup> )	( mg • kg <sup>-1</sup> )	( mg • kg <sup>-1</sup> )	%	%		( cmol • kg <sup>-1</sup> )
1	耕地	0- 20	0. 149	0. 064	2. 540	82. 0	22. 40	73. 00	2. 652	0. 59	8. 00	19. 50
		20- 80	0. 136	0. 054	2. 410	73. 5	0. 57	81. 00	2. 268	0. 73	8. 10	20. 50
2	5 a 以内退耕地	0- 20	0. 283	0. 114	2. 450	172. 5	7. 80	81. 00	5. 933	0. 53	7. 80	32. 00
		20- 80	0. 282	0. 121	2. 370	181. 0	0. 00	73. 00	5. 83	0. 61	7. 81	37. 50
3	5~ 10 a 青海云杉退耕地	0- 20	0. 214	0. 541	2. 350	133. 2	2. 80	91. 00	4. 029	0. 44	7. 89	21. 50
		20- 80	0. 087	0. 048	2. 250	54. 4	0. 22	81. 00	1. 548	0. 28	7. 95	18. 00
4	10~ 20 a 青海云杉退耕地	0- 20	0. 314	0. 058	2. 150	203. 2	0. 00	160. 00	4. 996	0. 55	7. 85	28. 00
		20- 80	0. 357	0. 059	2. 310	254. 5	0. 00	79. 00	6. 028	0. 29	7. 64	35. 00
5	20 a 以上青海云杉退耕地	0- 20	0. 370	0. 056	2. 350	272. 9	0. 00	158. 00	7. 977	0. 18	7. 40	38. 50
		20- 80	0. 133	0. 053	2. 330	62. 9	0. 00	83. 00	3. 056	0. 28	7. 30	27. 00
6	青海云杉天然林	0- 20	0. 480	0. 044	2. 400	298. 7	0. 00	173. 00	12. 18	0. 00	7. 20	53. 50
		20- 80	0. 274	0. 046	2. 380	150. 6	0. 00	100. 00	7. 310	0. 00	7. 10	43. 00

从表 3 可以看出, 退耕还林后土壤有机质、全氮、速效钾、CEC( 土壤阳离子代换量) 含量较农耕地均有所增加, 土壤碱性有了明显的改善, 且随着退耕时间的延长, 越来越接近天然林地。其中天然林地

表土层有机质含量为 12.18%, 全氮含量为 0.48%, 分别较农耕地提高了 3.59 倍和 2.22 倍; 20 a 以上退耕地的有机质和全氮含量分别为 7.98% 和 0.37%, 分别较农耕地提高了 2.01 倍和 1.48 倍, 这说明退耕还林时间越长, 土壤有机质积累越多, 进而育土培肥效果越好。而速效钾含量表现为天然林地 > 退耕地 > 农耕地, 尤以表层为甚。天然林表层土壤速效钾含量较农耕地提高了 1.36 倍, 20 a 以上退耕地较农耕地提高了 1.16 倍。土壤阳离子代换量 (CEC) 是衡量土壤保肥、供肥水平的重要指标, 与农耕地相比, 天然林地表土层的 CEC 增加了 1.74 倍, 20 a 以上退耕地增加了 97.4%, 说明了随着退耕年龄的增长, CEC 随着有机质的增加而增加。此外, 退耕 20 a 以前土壤的 pH 值都较高, 约为 8.0 左右, 土壤呈弱碱性, 而退耕 20 a 以后的土壤, 其 pH 值 7.2~7.4, 接近天然林, 较农耕地其碱性有了明显的改善。

土壤全磷含量在不同类型群落土壤中, 除 5 a 以内新退耕地外, 各群落间表现较为稳定, 但速效磷含量却变化较大。农耕地速效磷含量最大, 这是由于施肥等农事活动的直接结果; 5 a 以内退耕地次之, 农耕地速效磷含量大是由于施肥等农事活动的直接结果。由于凋落物分解转化快, 物质循环强烈, 故土壤中磷素含量较高; 另一方面, 退耕还林 5 a 以内的土壤速效磷含量较大与农地施肥残留也有一定的关系。但在天然林和退耕时间较长的青海云杉人工林阶段, 由于林地光照、水分条件差, 归还的营养元素主要贮存于凋落物中而难以进入土壤, 无法为植物所利用, 特别是速效磷, 在常规条件下无法检测出。

## 4 结 论

(1) 从总体上来看, 土壤容重、总孔隙度、毛管孔隙度、土壤团粒、大团聚体含量均表现为天然林地 > 退耕地 > 耕地, 且随着退耕时间的延长, 土壤孔隙状况和结构性能越来越接近于天然林地, 尤以土壤表层表现最为明显, 说明退耕还林对土壤物理性质的改良作用, 同时也表明了土壤中有有机质的积累对土

壤物理性质的重大影响。

(2) 土壤有机质、全氮、速效钾、CEC 含量均表现为天然林地 > 退耕地 > 农耕地, 尤以表层为甚。土壤全磷含量各群落间表现较为稳定, 但速效磷含量却变化较大。农耕地速效磷含量最大, 主要是由于施肥等农事活动的直接结果; 5 a 以内退耕地次之, 而天然林和退耕时间较长的青海云杉人工林的速效磷均无法检测出。研究结果也表明, 与农耕地相比, 退耕地土壤碱性有了明显的改善, 且随着退耕时间的延长, 越来越偏向于天然林地。

### 参考文献:

- [1] 余方忠. 退耕还林(草)与可持续发展研究[J]. 林业经济, 2000(5): 18-28.
- [2] 孙霞, 尹林克, 孟林, 等. 退耕还林还草研究之进展[J]. 干旱区地理, 2004, 27(2): 221-224.
- [3] 李俊清, 崔国发. 西部地区天然林保护与退化生态系统恢复理论思考[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(7): 1-7.
- [4] 李世东. 干热干旱河谷区和黄土丘陵沟壑区退耕还林还草模式初步研究[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(3): 35-38.
- [5] 张伟华, 李文忠, 张昊, 等. 青海大通退耕还林不同混交配置模式对土壤肥力影响的研究[J]. 水土保持研究, 2005, 12(5): 259-260.
- [6] 林大仪. 土壤实验指导[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004: 62-116.
- [7] 孙波, 赵其国. 土壤质量与持续环境[J]. 土壤, 1997(3): 113-126.
- [8] 吴兆录, 李正玲. 滇西北亚高山不同土地利用类型土壤容重与根系生物量的比较研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(5): 1961-1963.
- [9] 马祥庆, 范少辉, 刘爱琴, 等. 不同栽植代数杉木人工林土壤肥力的比较研究[J]. 林业科学研究, 2000, 13(6): 577-582.
- [10] 安韶山, 黄懿梅. 黄土丘陵区柠条林改良土壤作用的研究[J]. 林业科学, 2006, 42(1): 70-74.
- [11] 吴承祯, 洪伟. 不同经营模式土壤团粒结构的分形特征研究[J]. 土壤学报, 1999, 36(2): 162-167.