

黄土高原沟壑区人工植被类型对土壤水分和碳氮的影响

杨光^{1,2}, 荣丽媛³

(1. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院 水利部
水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 河北省广宗县职教中心, 河北 广宗 054600)

摘 要: 以黄土高原沟壑区人工建造的典型植被油松、侧柏、刺槐、沙棘、苹果为研究对象, 研究分析了不同植被类型对土壤水分含量、土壤碳氮累积等的变化影响。研究表明, 旱季刺槐林地表现出了强烈的耗水特征, 200 cm 以下土壤含水量具明显减少趋势。200—300 cm 处水分含量仅为 5.8%~7.1%, 而油松林地 200 cm 以下与荒草地含水量基本相一致, 土壤水分含量保持在 15% 左右, 侧柏、沙棘、苹果土壤水分利用主要在 20—200 cm 范围内。雨季, 天然降雨虽对林地水分含量有所补充, 但只表现在 0—50 cm 表层, 且各个植被类型间表现不明显; 与荒草相比, 油松群落土壤有机碳氮提高了 9.3%, 果园土壤有机碳含量显著降低, 而沙棘、侧柏和刺槐群落的土壤有机碳含量虽低于荒草群落, 但尚未达到显著水平。

关键词: 黄土高原沟壑区; 人工植被; 土壤水分; 碳氮累积

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2007)06—0030—04

中图分类号: S152.75

Effects of Artificial Vegetation Types on Soil Moisture, Carbon and Nitrogen in the Hill and Gully Area of the Loess Plateau

YANG Guang^{1,2}, RONG Li-yuan³

(1. Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources,
Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Guangzong Vocational Education Center, Guangzong, Hebei 054600, China)

Abstract: Reforestation plays an important role in soil conservation and soil carbon sequestration. Five types of artificial vegetation were selected in the Wangdonggou watershed located in the hill and gully area of the Loess Plateau to understand the influences of artificial vegetation on soil properties. Soil moisture, soil organic C(SOC), and total soil nitrogen were investigated under different types of vegetation. During dry season, there was the intense water consumption characteristic in locust tree forest land and soil water content below the 200 cm depth ranged from 5.8% to 7.1%, showing a decrease with depth. Compared to grassland, Chinese pine forest land had a soil water content of 15% in the same layer. Soil moisture used for oriental arbor-vitae, sea-buckthorn, and apple was mainly distributed between 20 and 200 cm from soil surface. Although natural rainfall had a supplement to the forest land, soil water within 50 cm of soil surface was recharged in rainy season. Compared with grassland, SOC content was increased by 9.3% for Chinese pine and decreased by 40.1% for orchard. SOC contents of sea-buckthorn, oriental arbor-vitae, and locust tree were lower than those on grassland, although not significantly.

Keywords: hill and gully area of the Loess Plateau; artificial vegetation; soil moisture; carbon and nitrogen accumulation

高原沟壑区是黄土高原两大地貌生态类型区之一, 该区域横跨晋、陕、甘 3 省, 面积 $6.95 \times 10^4 \text{ km}^2$, 是我国历史悠久的旱作农业区^[1-3]。该地区由于几千年的活动, 地带性或非地带性原生植被已破坏

殆尽, 加之严重的水土流失, 形成了沟壑残源遍布、梁峁起伏, 地形破碎的现代地貌景观。同时, 干旱少雨, 水资源匮乏, 土地瘠薄构成了这一地区特殊的生态环境条件^[3]。建国以来, 由于国土整治和经济建设的需

收稿日期: 2007-09-10

修回日期: 2007-10-22

资助项目: 中国科学院西部之光“黄土高原坡面土壤有机碳组分迁移转化与碳库的源汇效应”

作者简介: 杨光(1960—), 男(汉族), 陕西省蒲城县人, 大学本科, 实验师。主要从事黄土高原植被生态研究。E-mail: yangg@cern.ac.cn。

要,高原沟壑区也进行了几次大规模的植树造林工作,其主要形式为人工建造和自然封育。经过多年的建设,高原沟壑区的植被恢复取得了一定的成效,但也暴露出许多亟待解决的问题,特别是人工植被建设中的可持续发展问题引起了人们极大的关注。

土壤水分和土壤有机碳氮是反映土壤质量变化和土壤生态环境效应的重要指标^[8]。水—碳—氮及其耦合关系是影响陆地生态系统物质循环的重要因素。在黄土高原地区,植被恢复对土壤水分和土壤有机碳氮的影响虽有大量的报道。但是从三者的相互关系出发,探讨黄土区人工植被建设及其存在问题尚不多见^[6]。

本文以黄土高原沟壑区典型治理小流域中的人工植被类型为对象,研究了不同人工植被类型对土壤水分、有机碳氮含量变化的影响。以探索高原沟壑区人工植被建设的方向以及有效途径。

1 材料与方法

1.1 研究区自然环境条件

研究区设在黄土高原沟壑区的陕西省长武县王

东沟小流域,地理位置东经 107°40′30″—42′30″,北纬 32°12′—32°16′,海拔高度 1 215 ~1 226 m。该流域塬、沟、坡兼而有之,具黄土高原沟壑区的典型地域特征。年均降雨量为 578.5 mm,年均气温 9.1℃,年总辐射量 483 700 J/cm²。土壤为黏黑土地带,黄土厚 100~150 m;从植被的地带性划分,该区域属我国北方地区暖温带落叶阔叶林区域^[5],但由于历史的原因和人为因素,流域内很少看到天然林木,仅存零星的天然灌丛,出现了以荆条、酸枣、黄背草和白羊草等为主的温性灌草丛,林木主要是由人工建造的各种幼林。塬面常见的有加拿大杨、毛白杨、小叶杨、旱柳等落叶阔叶树种,沟坡地有刺槐、沙棘以及少量的油松、侧柏等。近年来,该地区发展大面积的以苹果、梨为主的经济林为当地农村经济发展起到了很大的作用。

1.2 试验地概况

试验地为王东沟流域烧盐湾人工栽植的侧柏、沙棘、油松、刺槐以及苹果经济林,多年生荒草地作为实验对照。为了保证试验数据的可比性,研究对象的立地状况在坡向、坡位、坡度等方面选择相对一致。试验地基本状况见表 1。

表 1 试验地基本状况

项目	侧柏	沙棘	油松	刺槐	苹果	荒草地
坡向坡位	西坡中部	西坡中部	西坡中部	西坡中下部	南偏西中部	西坡中上部
坡度/(°)	25	30	25~30	10~15	10~15	25
林龄/a	18	16	19	20	15	18
株行距/m	1.5×3	3×5	2×3	2×4	—	—
覆盖度/%	25	85	48	63	30	83
高度/m	4.5	1.8	3.5	4.5	3.5	0.5
林下草被群落	达乌里胡 枝子、棘豆	野古草、 唐松草	野古草、 白羊草	鹅冠草、 赖草	狗尾巴草、棘 豆等	白羊草、赖 草、铁杆蒿
枯落物厚度/cm	0.2	5	3	4	—	0.8
林下更新	一般	良好	良好	无	无	良好

1.3 研究方法

1.3.1 人工林地土壤水分测定 分别于 2006 年的 5 月份和 8 月份对不同的人工植被类型及对照进行土壤水分测定,测定方法采用 105℃ 烘干称重法,取样深度为 0—300 cm,每间隔 20 cm 取样 1 次,分 3 次重复,每一采样点共采取 15 个样。

1.3.2 人工林地土壤理化性质的测定 按照不同的人工林植被类型,在距离树体主干 30 cm 处采集 0—60 cm 剖面土壤(荒草地选择生长较为均匀的地块),分别进行土壤容重测定和土壤化学性质分析。土壤容重采用环刀法,在 20 cm,40 cm,60 cm 土层放置 3 个容积为 100 cm³ 环刀取样,3 次重复,土壤原位完

全取出后分别保存,样品采用烘干法测定土壤容重,并取其平均值。同时,将采集的土样风干,磨细过筛后分析土壤有机碳(重铬酸钾容量法)、全氮(用半微量开氏法)含量。

1.3.3 实验数据的处理 数据方差分析采用 SAS6.12(SAS Inst., 1998)^[10],当 F 检验显著时,进行各样地间的 LSD 显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同人工植被对土壤水分变化的影响

不同人工植被类型水分含量测定测定结果详见图 1—2。

图 1—2 中结果显示,无论枯水期和降雨期,荒草地土壤剖面含水率从表层到深层均有增加趋势,在 150~300 cm 较稳定,其剖面土壤含水率平均为 14.89%。但在枯水期,相对于荒草地,刺槐林地表现出了强烈的耗水特征。200 cm 以下土壤含水量具明显减少趋势,200—300 cm 处水分含量仅为 5.8%~7.1%。而油松林地 200 cm 以下与荒草地含水量基本相一致,土壤水分含量保持在 15%左右,侧柏、沙棘、苹果土壤水分利用主要为 20—200 cm 范围内。据调查,刺槐由于属速生树种且具深根性特征^[4],在枯水期,为了满足林木的正常生长,因而表现出了对土壤深层次的水分的利用。油松林龄虽然为 19 a,但仍然处在幼龄期。由于林木较为稀疏(树木盖度 20%,林下主要以草被为主,对土壤水分的利用表现

并不十分明显;沙棘由于为灌丛,其申根萌蘖力极强,16 a 生的沙棘其林地郁闭度达 80%以上。高密度的丛生结构,使林地水分利用主要表现在 0—200 cm;侧柏由于所处的立地条件为半阳坡中上部,且林下草被稀疏(林下草被盖度仅为 5%),土壤剖面水分利用深度在 0—200 cm,在 200 cm 以下,土壤水分有增加的趋势。

苹果是当地近年来迅速发展的人工经济林,由于以经济效益为主,每年大量的以果实为主要成分的生物物质输出,需要消耗大量的土壤水分。特别是在枯水期的 5 月份,由于展叶、开花、结果等生理作用,表现出了对深层水分大量利用的特征。天然降雨虽对林地水分含量有所补充,但只表现在 0—50 cm 表层,且各个植被类型间表现不明显。

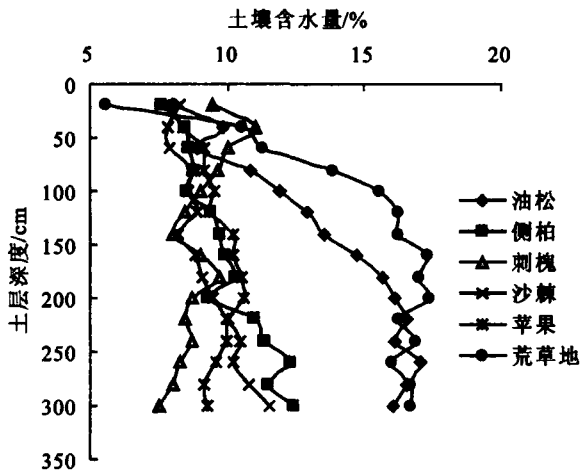


图 1 枯水期不同林地土壤水分状况

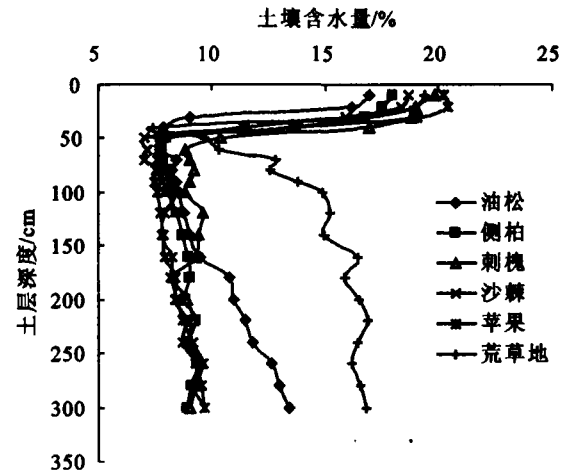


图 2 降雨期不同林地土壤水分状况

2.2 不同植被类型对林地土壤性质的影响

表 2 结果表明,与荒草地相比,油松群落条件下土壤有机碳提高了 9.3%($P>0.05$),果园土壤有机碳含量显著($P<0.05$)降低,幅度达 40.1%。而沙棘、侧柏和刺槐群落的土壤有机碳含量虽低于荒草群落,但尚未达到显著水平($P>0.05$)。这表明在黄土高原沟壑区,相对于天然的荒草群落,人工建造的植

被群落在目前管理条件下对土壤有机碳影响十分有限。相对于天然荒草,果园由于人为强烈干扰,反而导致土壤有机碳氮降低^[7-9];侧柏林地土壤容重最大,达 1.35 g/cm³,沙棘、刺槐次之,油松、果园较小,这也印证了不同人工植被林下结构状况的特征,即侧柏林层单一,草被稀疏,沙棘、刺槐也只具二元结构,而油松林下植被却具有很高的丰富度。

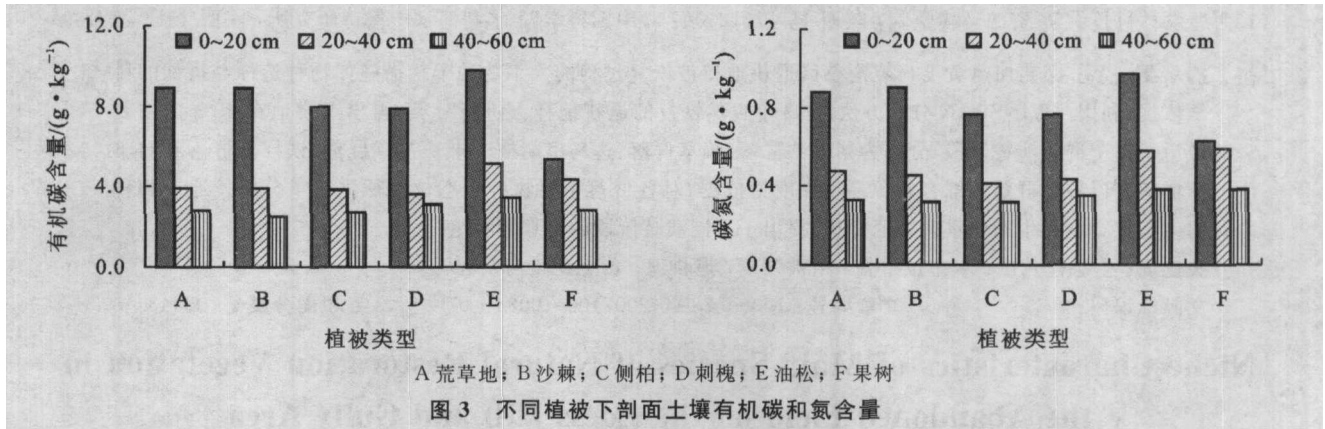
表 2 不同植被下层土壤有机碳、氮含量以及容重

植被类型	样本数	有机碳/(g · kg ⁻¹)			全氮/(g · kg ⁻¹)			土壤容重/(g · cm ⁻³)
		平均值	标准差	变异系数	平均值	标准差	变异系数	
荒草	4	8.92	1.89	21.21	0.88	1.89	21.21	0.89
沙棘	4	8.87	1.48	16.67	0.90	1.48	16.67	1.23
油松	4	9.75	0.44	4.53	0.97	0.08	8.02	1.05
侧柏	4	7.93	2.17	27.36	0.76	0.18	23.77	1.35
刺槐	4	7.82	1.37	17.53	0.76	1.37	17.53	1.26
果园	4	5.34	0.66	12.39	0.63	0.66	12.39	1.16

注:有机碳 $LSD_{0.05}=2.18$; 全氮 $LSD_{0.05}=0.22$ 。

图3是各不同植被类型在0—60 cm土壤剖面中有机质碳和全氮的比较状况。可以看出,荒草地20—40 cm和40—60 cm土壤有机碳含量(依次3.96,2.83 g/kg),分别比0—20 cm层(8.92 g/kg)降低55.6%和68.2%;沙棘20—40 cm和40—60 cm土壤有机碳降低幅度与荒草地基本相同;果园20—

40 cm和40—60 cm土层土壤有机碳与表层相比,降低幅度最小,依次为17%和46%;油松、侧柏、刺槐20—40 cm土层有机碳降低幅度在47%~51%之间,40—60 cm降低幅度在59%~65%之间。由此可见,不同植被类型下土壤有机碳含量均呈现随土层的加深含量逐渐下降的趋势,但下降幅度存在差异^[6-7,9]。



3 讨论

(1) 水热条件的平衡对于植被的稳定和持续发展有重要的决定作用。在高原沟壑区,土壤水分亏缺是主要的生态限制因子。研究表明,不同的人工植被类型,对土壤水分利用表现出明显的差异,旱季刺槐林地表现出了强烈的耗水特征,200 cm以下土壤含水量具明显减少趋势,200—300 cm处水分含量仅为5.8%~7.1%,有形成土壤干层的趋势;而油松林地200 cm以下与荒草地含水量基本相一致,土壤水分含量保持在15%左右,侧柏、沙棘、苹果土壤水分利用主要为20—200 cm范围内。雨季,天然降雨虽对林地水分含量有所补充,但只表现在0—50 cm表层,且各个植被类型间表现不明显。

(2) 植被恢复可提高土壤有机碳氮的含量,改善土壤质量,同时,土壤有机碳氮的积累对植被的稳定发展具一定的作用。上述研究结果表明,不同人工植被类型中,相对于荒草地,油松群落条件下土壤有机碳氮得到积累,但果园土壤有机碳氮含量显著($P < 0.05$)降低,而沙棘、侧柏和刺槐群落的土壤有机碳含量低于荒草群落。在0—60 cm剖面中,土壤不同植被类型下土壤有机碳含量均呈现随土层的加深含量逐渐下降的趋势。侧柏林地土壤容重最大,沙棘、刺槐次之,油松、果园较小。

(3) 王东沟流域在黄土高原沟壑区具典型的代表性,该地区由于缺乏天然植被,通过人工建造是植被恢复建设的主要形式。在人工植被的发展过程中,合理地选择人工植被类型以及加强经营管理是十分重要的。刺槐虽然表现出了强烈的耗水特征,但作为

该区域主要的生态树种,应通过疏伐、间伐,控制林木的密度,以实现林地土壤水分的相对平衡,在立地条件相对差的区域,实施乔林的灌状经营。油松不论从土壤剖面含水量的特征还是有有机碳氮的积累方面分析,在当地均有很好的发展前景。

[参 考 文 献]

- [1] 郝明德,李军超,党廷辉.黄土高原沟壑区高产高效农业综合发展研究[J].水土保持通报,2002,22(5):5—8.
- [2] 李向民,许春霞.长武高原沟壑区沟坡地段热量分布与果业生产[J].西北农业学报,2000:104—107.
- [3] 樊军,郝明德,邵明安.黄土旱塬农业生态系统土壤深层水分消耗与水分生态环境效应[J].农业工程学报,2004,20(1):61—64.
- [4] 赵忠,李鹏.渭北黄土高原主要造林树种根系分布特征及抗旱性研究[J].水土保持学报,2002,16(1):96—107.
- [5] 朱志诚.陕北黄土高原植被基本特征及其对土壤性质的影响[J].植物生态学与地植物学学报,1993,17(3):280—286.
- [6] 何福红,黄明斌,党廷辉.黄土高原沟壑区小流域土壤干层的分布特征[J].自然资源学报,2003,18(1):30—36.
- [7] 刘守赞,郭胜利,王小利,等.植被对黄土高原沟壑区坡地土壤有机碳的影响[J].自然资源学报,2005,20(4):529—536.
- [8] 郭胜利,路鹏,党廷辉.退耕还草对土壤水分养分演变的影响[J].西北植物学报,2003,23(8):1383—1388.
- [9] 马玉红,郭胜利,杨雨林.植被类型对黄土丘陵区土壤有机碳氮的影响[J].自然资源学报,2007,22(1):97—105.
- [10] SAS Institute Inc. SAS Release (06—12) [CP/CD] USA, Cary; SAS Institute Inc., 1998.