

黄土丘陵区封禁对土壤活性有机碳与碳库管理指数的影响

戴全厚^{1,2}, 刘国彬², 薛 薏^{2,3}, 张 超², 余 娜^{1,2}

(1. 贵州大学 林学院, 贵阳 550025; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所/西北农林科技大学, 陕西 杨陵 712100;

3. 西安理工大学, 西安 710048)

摘 要:采用时空互代法,以典型侵蚀环境纸坊沟流域不同封禁年限的狼牙刺群落和杂灌群落为研究对象,选取放牧地和天然次生林为参照,分析了植被恢复过程中土壤有机碳(TOC)、活性有机碳(LOC)、非活性有机碳(NLOC)及碳库管理指数的演变特征。结果表明,封禁后土壤碳库各组分含量和管理指数随封禁年限的延长变化显著,阳坡随封禁年限增加 TOC、LOC 和 NLOC 逐渐增加,25 a 时较对照放牧地增加到 110%、336% 和 120%,仅为侧柏林的 39%、37%、57% 和 24%,显著高于天然狼牙刺群落;阴坡封禁 5 a 后各组分较封禁前显著增加,随后逐渐增加,15 a 后增幅减缓,封禁 25 a 后 TOC、LOC 和 NLOC 较封禁前分别增加为 200%、326% 和 105%,但明显低于天然杂灌丛群落和辽东栎林。相同封禁年限阴坡土壤碳库各组分含量要显著高于阳坡。不论阳坡还是阴坡,碳库指数和碳库管理指数随封禁年限逐渐增加,25 a 阳坡较放牧地增加 5.87 倍,是天然狼牙刺群落的 2.73 倍,为侧柏林的 93%;阴坡较放牧地增长 6.25 倍,高出天然杂灌丛和辽东栎林 63% 和 48%。表明放牧地封禁后,土壤管理经营更趋于健康科学,阴坡因为水分条件改善作用更加明显。相关性分析说明有机碳、活性有机碳、非活性有机碳、碳库指数、碳库管理指数与土壤主要肥力因子相关性显著,可以作为反映生态恢复过程土壤质量演变的指标。

关键词:黄土丘陵区; 封禁; 土壤活性碳库; 碳库管理指数

中图分类号: S154.36

文献标识码: A

文章编号: 1001-7461(2008)04-0018-05

Effect of Soil Labile Organic Matter and Carbon Management Index under the Closure in Eroded Hilly Loess Plateau

DAI Quan-hou^{1,2}, LIU Guo-bin², XUE Sha^{2,3}, ZHANG Chao², YU Na^{1,2}

(1. College of Forestry, Guizhou University Guiyang, Guizhou 550025 China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, the CAS&Ministry of Water Resources, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100 China;

3. Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China)

Abstract: The Zhifanggou small watershed one of typical serious erosion area in eroded hilly Loess Plateau. In recent several decades, the closing hillsides and management to facilitate forestation had been implemented in this region. The study was conducted to evaluate the soil total organic carbon(TOC), labile organic carbon(LOC), non-labile organic carbon(NLOC) and carbon management index after closing hillsides. The study soil plots with different closing years were selected in Zhifanggou small watershed. The *Sophora viciifolia* community and mixed shrubbery community grew in the study plots, the grassland plot and *Quercus liaotungensis* plot were used as controls. The results showed that the content of soil carbon and management index increased significantly with closing years. After 25 closing years, the contents of TOC, LOC and NLOC on southern slop of the mountain increased by 110%, 336% and 120% compared to the grass land without closing measure. Compared with *Platycladus orientalis* plot, the content of TOC, LOC

收稿日期: 2008-04-15 修回日期: 2008-05-12

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(90502007), 国家重点基础研究发展计划(2007CB407205), 中国科学院西部行动计划(KZCX2-XB2-05)。

作者简介: 戴全厚, 男, 副教授(贵州大学校聘教授, 吉林省水保院特邀研究员), 博士, 主要从事水土保持和生态恢复重建研究。E-mail, qhdai@foxmail.com

and NLOC on the study plots was only 39%, 57% and 24% respectively, which was much higher than *S. viciifolia* plot. The contents of soil carbon on the northern slope of the mountain grew with the similar growth trend to the southern slope of the mountain. Between 5 closing years and 15 closing years, the contents of soil carbon grew faster, after then the growth rate became slower. The contents of TOC, LOC and NLOC had been increased by 200%, 326% and 105% compared with the grassland plot without closing measure, while the increasing degree was lower than natural mixed shrubbery community and *Q. liaotungensis* plots. The contents of soil carbon on the southern slope were higher than those on the southern slope with the same closing years. The carbon index and carbon management index in all study plants increased gradually with closing years. The soil management index in southern slope plot with 25 closing years increased 5.87 times than grassland plot without closing measure, which was 2.73 times than *S. viciifolia* plot, the soil management index in northern slope plot with 25 closing years increased 6.25 times than grassland plot without closing measure. Correlation analysis showed that soil fertility factors have significant positive correlation with TOC, LOC, NLOC, carbon index and carbon management index. The five indices can be regarded as those reflecting the evolution of soil quality in the period of ecology restoration.

Key words: hilly loess plateau; closure hillside; soil labile organic carbon; carbon management index

黄土丘陵区地形破碎,土壤结构疏松,自然植被遭到破坏,是我国严重的水土流失区之一,是国家生态建设的重点区域^[1]。恢复植被是该区改善生态环境与水土保持的重要措施,植被的恢复除有效保持水土,减少土壤侵蚀外,同时可以通过土壤-植物复合系统的功能改善提高土壤质量^[2]。土壤有机碳是表征土壤肥力的一个重要参数,其已经被用来评价退化生态系统中的恢复效果^[3]。其中具有移动快、稳定性差、易氧化、矿化的那部分称为活性碳,它对植物养分供应有最直接作用,可以灵敏反应不同农业生产措施对土壤碳库和潜在生产力的影响,指示土壤有机质的早期变化^[4,5]。

研究证明植物群落封禁后,植物物种多样性增加,生物量和生产力得到极大提高,生态功能得到恢复^[6,7],而关于封禁措施对土壤活性有机碳演变和碳库管理指数的影响方面的研究尚未见报道,本文旨在从土壤碳库及其管理评价方面探讨封禁对土壤质量的影响,揭示植被恢复与重建对改善土壤生态环境的作用机制,为评价自然生态恢复效果、土壤质量管理和生态工程建设提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于陕西省安塞县纸坊沟流域(E109°13'46"~109°16'03", N36°46'42"~36°46'28"),该地形破碎,沟壑纵横,属黄土高原丘陵沟壑地貌,暖温带半干旱季风气候,海拔1010~1400 m,年均气温8.8℃,年均降水量505.3 mm。土壤类型以黄土母质上发育而成的黄绵土为主,抗冲抗蚀能力差,

植被类型处于暖温带落叶阔叶林向干草原过渡的森林草原带。纸坊沟流域是中科院安塞水土保持试验站生态恢复定位试验研究小流域。该流域生态系统先后经历严重破坏期(1938~1958年)、继续破坏期(1959~1973年)、不稳定期(1974~1983年)、稳定恢复改善期(1983~1990年)和良性生态初步形成期(1991年至今)。经过30多年的水土保持综合治理,通过林草植被和工程等措施建设,有效遏制了该流域的土壤侵蚀,成功地恢复了退化生态系统,林地面积从1980年的不足5%增加到40%以上,流域生态经济系统进入良性循环阶段^[8]。

采用时空互代法在流域内选择成土母质类型相同,坡位相似、不同封禁年限的灌木林8块,其中阳坡3块,为狼牙刺(*Sophora davidii* SD)灌丛,土壤主要为黄土正常新成土(Loessal Orthic Entisols);阴坡5块,主要为杂灌丛群落,土壤主要为黄土-石质湿润正常新成土(Los-Lit Udic Orthic Entisols)。同时选取放牧地两块(CK1、CK2),天然次生狼牙刺群落(SD)、杂灌丛群落(mixed shrub forest, MS)、侧柏林(*Platycladus orientalis*, PO)和辽东栎林(*Quercus liaotungensis*, QL)各一块为对照样地,主要为灰色黄土正常新成土(Gray Loessal Orthic Entisols),其基本特征如表1。

1.2 样品采集及分析

2005年7月,在各试验样地按S型选取6点,用土钻法取0~20 mm混合土样,3次重复,风干后过1 mm和0.25 mm筛后测定土壤基本理化性质和活性有机碳^[9]。全氮(TN)用半微量凯氏法测定;采用pH计测pH值(水:土=2.5:1);土壤全磷

用碳酸钠熔融-钼锑抗比色法;速效磷用 Olsen 法;速效钾用乙酸铵提取-火焰光度法;总有机碳用重铬酸钾氧化外加加热法;活性有机碳(LOC)采用高锰酸

钾氧化法^[10,11];非活性有机碳含量(NLOC)为总有机碳和活性有机碳含量之差。

表 1 样地基本特征

Table 1 Description of the sampling plots

坡向	样地 Sites	封禁年限/a	地貌	坡度/°	海拔/m	土壤类型	灌木及林下草本类型
阳坡	CK1	0	沟坡	26	1146	黄绵土	芡蒿-长芒草 <i>Artemisia giraldii-Stipa bungeana</i>
	SD5	5	沟坡	35	1142	黄绵土	狼牙刺-白羊草 <i>Sophora davidii</i>
	SD15	15	沟坡	34	1146	黄绵土	狼牙刺-芡蒿 <i>Bothriochloa ischaemum-A. giraldii</i>
	SD25	25	沟坡	23	1150	黄绵土	狼牙刺-芡蒿 <i>B. ischaemum-A. giraldii</i>
	SD	—	沟坡	35	1207	黄绵土	狼牙刺-铁干蒿 <i>B. ischaemum-Artemisia sacrorum</i>
	PO	—	梁坡	33	1283	黄绵土	狼牙刺-披针苔 <i>B. ischaemum-Carex lanceolat</i>
阴坡	CK2	0	沟坡	25	1115	黄绵土含石渣	铁干蒿-长芒草 <i>A. sacrorum-S. bungeana</i>
	MS5	5	沟坡	31	1132	石渣土	黄刺梅-披针苔 <i>Rose Xantina-C. lanceolat</i>
	MS10	10	沟坡	30	1127	黄绵土-石渣土	绣线菊-披针苔 <i>Spiraea spp-C. lanceolat.</i>
	MS15	15	沟坡	33	1118	石渣土	虎榛子-绣线菊 <i>Ostryopsis davidian-Spiraea spp</i>
	MS20	20	沟坡	35	1122	黄绵土-石渣土	黄刺梅-披针苔 <i>Rose Xantina-C. lanceolat</i>
	MS25	25	沟坡	32	1112	黄绵土-石渣土	绣线菊-披针苔 <i>Spiraea spp-C. lanceolat.</i>
	MS	—	沟坡	28	1210	黄绵土含石渣	紫丁香-绣线菊 <i>Syringa oblat-Spiraea spp</i>
	QL	—	沟坡	22	1306	森林棕壤	茶条槭-披针苔 <i>Acer ginnala-C. lanceolat</i>

土壤碳库管理指数计算方法如下,其中以坡耕地土壤为参考土壤:

碳库指数(CPI) = 样品全碳含量(mg/g)/参考土壤全碳含量(mg/g)

碳库活度(A) = 活性碳含量/非活性碳含量

碳库活度指数(AI) = 样品碳库活度/参考土壤碳库活度

碳库管理指数(CPMI) = 碳库指数×碳库活度指数×100= CPI×AI×100

1.3 数据统计分析

差异显著性采用 SAS 6.12 软件中的单因素方差分析(ANOVA)方法分析,数据为 3 个重复的平均值,相关分析均采用 SAS 6.12 软件中相关分析(CORR)方法分析。

2 结果与分析

2.1 封禁对土壤有机碳、活性有机碳和非活性有机碳的影响

放牧地封禁后,阴坡和阳坡的土壤碳库各组分含量变化规律明显(表 2)。阳坡在封禁 5 a 后,有机碳、活性有机碳和非活性有机碳较放牧地没有显著变化或者有所下降,随后开始增加,15 a 时较放牧地增加达到显著水平,25 a 增幅达 110%、336% 和 120%,仅为侧柏林的 39%、37%、57% 和 24%,与天然狼牙刺群落相比,3 种碳素含量均显著高于天然狼牙刺群落。与阳坡相似,阴坡封禁后土壤碳库各组分含量随封禁年限的增加显著增大。封禁 5 a 后土壤有机碳、活性有机碳和非活性有机碳较封禁前显著增加,随后逐渐增加,15 a 后增幅减缓,随着封禁年限的延长呈波动式缓慢上升;封禁 25 a 后有有机碳、活性有机碳和非活性有机碳较封禁前分别增加为 200%、326% 和 105%,但明显低于天然杂灌丛群落和辽东栎林,仅为天然杂灌丛的 65%、103% 和 41%,为辽东栎林的 48%、87% 和 28%。相同封禁年限阴坡土壤碳库各组分含量要显著高于阳坡。

表 2 不同封禁年限后土壤活性有机碳及碳库管理指数演变

Table 2 Labile organic matter and carbon management index of soil of different revegetation periods

坡向	样地编号	有机碳 /(m·kg ⁻¹)	活性有机碳 /(m·kg ⁻¹)	非活性有机 碳/(m·kg ⁻¹)	碳库活度 (A)	碳库活度 指数(AI)	碳库指数 (CPI)	碳库管理 指数(CPMI)
阳坡	CK1	3.88e	1.62e	2.26c	0.72	1.00	1.00	100.00
	SD5	3.34f	1.52e	1.82d	0.83	1.16	0.86	100.00
	SD15	5.94c	3.29c	2.66b	1.24	1.73	1.53	264.78
	SD25	8.14b	5.43b	2.71b	2.00	2.80	2.10	587.61
	SD	4.83d	2.67d	2.16c	1.24	1.73	1.24	215.08
	PO	20.80a	9.50a	11.30a	0.84	1.18	5.36	629.74
阴坡	CK2	5.42H	2.34F	3.08F	0.76	1.00	1.00	100.00
	MS5	9.25G	4.30E	4.95E	0.87	1.15	1.71	195.57
	MS10	11.30F	5.38D	5.91CD	0.91	1.20	2.08	250.75
	MS15	15.47D	9.05C	6.43C	1.41	1.62	2.86	463.53
	MS20	14.41E	8.95C	5.46DE	1.64	2.16	2.66	575.04
	MS25	16.28C	9.96B	6.32C	1.58	2.08	3.00	625.07
	MS	24.99B	9.66B	15.33B	0.63	0.83	4.61	383.78
	QL	33.75A	11.46A	22.29A	0.51	0.68	6.23	422.92

2.2 封禁对土壤碳库活度、管理指数的影响

如表 2 所知,放牧地封禁后土壤碳库管理指数变化规律明显。不论阳坡还是阴坡,土壤碳库活度和碳库活度指数变化一致,随着封禁年限的延长逐渐增加,分别较封禁前增加 180%和 108%,显著高于天然灌丛,更显著高于天然次生林,阳坡和阴坡分别为次生林的 2.38 和 3.06 倍。碳库指数阳坡在封禁前 5 a 明显降低,随后逐渐增加,25 a 时达到最大,为放牧地的 2.1 倍,侧柏林的 39%;阴坡随封禁

年限延长逐渐平稳增加,25 a 达到最大值,较放牧地增加 200%,但仅为天然杂灌丛和辽东栎林的 65%和 48%。碳库管理指数阳坡在封禁前 5a 没有变化,随后迅速上升,25 a 时较放牧地增加 5.87 倍,是天然狼牙刺群落的 2.73 倍,为侧柏林的 93%;阴坡随着封禁迅速增加,25 a 为放牧地的 6.25 倍,高出天然杂灌丛和辽东栎林 63%和 48%,表明阴坡水分条件较好,恢复速度较快,也间接证明黄土丘陵区水分在促进生态恢复过程中的作用巨大。

表 3 土壤活性有机碳、碳库管理指数与养分因子相关性分析(n=10)

Table 3 Correlation coefficient among labile organic matter and carbon management index and characteristics of soils(n=10)

	有机碳 TOC	活性有 机碳 LOC	非活性 有机碳 NLOC	碳库活 度 A	碳库活 度指数 AI	碳库指 数 CPI	碳库管 理指数 CPMI	全氮 TN	碱解氮 N	全磷 TP	速效磷 P	速效钾 K
有机碳 TOC	1.000	0.912**	0.969**	-0.264	-0.303	0.969**	0.575*	0.975**	0.974**	0.821**	0.886**	0.818**
活性有机碳 LOC		1.000	0.783**	0.092	0.029	0.888**	0.818**	0.895**	0.897**	0.765**	0.705**	0.828**
非活性有机碳 NLOC			1.000	-0.456	-0.477	0.937**	0.381	0.942**	0.938**	0.786**	0.920**	0.744**
碳库活度 A				1.000	0.988**	-0.243	0.557*	-0.246	-0.208	-0.142	-0.362	0.087
碳库活度指数 AI					1.000	-0.263	0.531	-0.272	-0.240	-0.149	-0.391	0.030
碳库指数 CPI						1.000	0.638*	0.959**	0.923**	0.820**	0.836**	0.744**
碳库管理指数 CPMI							1.000	0.595*	0.575*	0.544*	0.325	0.596*

注: * 表示差异达显著水平(P<0.05), ** 表示差异达极显著水平(P<0.01)

2.3 土壤活性有机碳、碳库管理指数与养分的耦合相互关系

对有机碳、活性有机碳、非活性有机碳、碳库管理指数与土壤主要肥力因子进行相关性分析(表 3),结果表明,它们之间存在极显著相关,而且它们分别与碳库指数、碳库管理指数、全氮、碱解氮、速效磷、全磷和速效钾呈显著或极显著相关;碳库活度、活度指数和养分之间的相关性较弱,仅碳库活度和碳库管理指数显著相关;碳库指数、碳库管理指数除和有机碳组分等极显著相关外,碳库指数与全氮、碱解氮、速效磷、全磷和速效钾极显著相关,碳库管理指数与全氮、碱解氮、全磷和速效钾显著相关。

3 结论与讨论

土壤是一个复杂而又独立的自然体,对水、肥、气、热具有调节作用,反过来又受各种环境因素的制约,土地经营措施的变化,可显著改变土壤性质。侵蚀环境下的放牧地由于人为干扰剧烈,表土侵蚀严重,有机物质矿化明显,碳库含量较低,随着封禁后,原来农田生态系统的开放或半开放物质循环结构转变为自然生态系统的封闭或半封闭物质循环结构,大量的枯落物重新返回到生态系统中,并随着恢复演替的进行,死地被物积累与分解逐渐增多促使土

壤有机碳各组分显著增加。但是也应看到阳坡在封禁初期,碳库各组分含量并未显著增加,可能是由于植被凋落物增幅并不如牲畜排泄给土壤归还的物质多,而在阴坡,由于充足的水分加快了对凋落物的分解,土壤碳库组分含量增幅明显,且明显高于阳坡。苏静等^[12]研究认为植被恢复主要增加的是非活性有机碳含量,而 Blair 等^[4]研究认为土壤碳库的变化主要发生在活性碳库部分。本研究表明不同坡向对碳库各组分增加幅度有一定差异,阳坡活性有机碳和非活性有机碳含量都显著增加,但活性有机碳增加速度要明显高于非活性有机碳含量。进一步表明土壤水分对碳库构成具有强烈的影响,植被为了满足生长的需要不断从土壤中所取碳源,而阳坡含水量低,碳素整体转化较慢,因此必须提高活性成分的比例,阴坡含水量较充分,土壤碳素增长在满足植被需要的同时将多余的活性部分转化为非活性状态并作为潜在的物质源贮存起来,在需求旺盛时可以进一步转化为活性状态被植被所利用吸收。研究还发现封禁 15 a 后的阳坡土壤碳库各组分含量已经高于天然狼牙刺群落,而阴坡封禁 25 a 时碳库各组分含量显著低于天然杂灌丛群落,表明阳坡土壤质量可能长期处于一种亏缺状态,碳源及其它物质来源不能及时归还到土壤中,因此如何提高物质转化效

率是植被恢复的一个重要方面。

土壤碳素的活跃程度越大,表示有机碳越易被微生物分解,质量也就越高。放牧地封禁后不论阳坡和阴坡都呈现增加趋势,说明随着人类干扰的减少,碳素转化效率逐步提高,碳库活度和活度指数逐渐增大,土壤质量得到改善。封禁 25 a 土壤碳库活度高于土壤灌丛和乔木林,可能是由于随着植被恢复,土壤碳库中活性部分增加的幅度趋于一种临界状态,而这种临界状态可以满足植被的需求,从而将多余的活性部分被转化为非活性部分贮存起来,土壤碳库活度和活度指数开始降低。也就是说在植被恢复初期土壤碳库是处于一种高活度状态,碳素转化速率较快,而当恢复到一定程度,活性碳部分逐渐趋于平稳,并逐渐转化为非活性部分,碳库活度逐渐降低。当然此处只是一种推断,且相关性分析也表明土壤活度和活度指数与土壤肥力因子关系较弱,因此碳库活度和活度指数是否可以作为指示植被恢复过程中土壤质量演变的指标,还有待进一步研究。

碳库指数和碳库管理指数是系统的、敏感的反应和监测土壤有机碳变化的指标,常用来反映土壤质量下降或更新的程度^[13,14],并能较为全面和动态地反映了外界条件对碳库中各组分在量和质上的变化。其中碳库管理指数可以用来反映土壤经营和管理的科学性,其值升高,表明经营方式对土壤有培肥作用,土壤性能向良性发展;其值降低则表明土地经营措施使土壤肥力下降,土壤性质向恶性方向发展,即表明该措施是不科学的。放牧地封禁后,土壤碳库指数和管理指数显著增加,说明土壤质量得到恢复,并向着良性方向发展,土壤经营和管理更趋于科学化。封禁 25 a,阳坡碳库指数和管理指数显著高于天然狼牙刺群落,略高于天然侧柏林群落,而阴坡则显著高于天然杂灌丛群落,甚至高出天然辽东栎林群落,可见相对于有机碳等指标,用碳库指数和管理指数反映生态恢复过程更为灵敏,另一方面它们又与土壤主要肥力指标密切相关,说明用它们来反映生态过程中土壤质量的变化是可行的。

综上所述,放牧地由于人类干扰严重,土壤碳库各组分含量较低,封禁后,物种变丰富,植被生物量增大,归还到土壤中物质的增多,碳库各组分均显著逐渐增加,但不同坡向由于水分的差异导致各组分变化规律不一,其中阳坡主要增加的是活性部分,而阴坡活性和非活性部分均呈增加趋势。土壤碳库活度、活度指数、碳库指数和碳库管理指数随封禁年限

延长逐渐增加,说明封禁后土壤管理经营更趋于健康科学。相关性分析表明土壤有机碳各组分含量、碳库指数和管理指数与土壤肥力因子相关性显著,随恢复过程变化明显,可以用来反映生态恢复过程中土壤质量的演变过程。同时虽然封禁 25 a 土壤碳库管理指数和活度指数高出天然林,但是从碳库各组分绝对含量等来看,还有一定的差距,说明生态恢复是个漫长的过程,特别是阳坡自然条件相对较差,恢复难度更加困难,因此必须加强林地管理,减少土壤水分胁迫,引入演替后续物种,促进植物群落的拓殖与更替,实现该区生态系统健康持久性发展。

参考文献:

- [1] 唐克丽,贺秀斌.黄土高原生态环境建设与侵蚀环境调控[A].见:中国西部生态重建与经济协调发展学术研讨会论文集[C].成都:四川科学技术出版社,1999:28-32.
- [2] 巩杰,陈利顶,傅伯杰,等.黄土丘陵区小流域土地利用和植被恢复对土壤质量的影响[J].应用生态学报,2004,15(12):2292-2296.
- [3] Blair J, Lefroy R D B, G Lisle L. Soil carbon fractions based on the in degree of oxidation and the development to carbon management index for agricultural systems[J]. Aust. J. Agric. Res., 1995,46:1459-1466.
- [4] 沈宏,曹志红,胡正义.土壤活性有机碳的表征及其生态效应[J].生态学报,1999,18(3):32-38.
- [5] 王国梁,刘国彬,刘芳,等.黄土沟壑区植被恢复过程中植物群落组成及结构变化[J].生态学报,2003,23(12):2550-2557.
- [6] 谢锦升,杨玉盛,陈光水,等.封禁管理对严重退化群落养分循环与能量的影响[J].山地学报,2002,20(3):325-330.
- [7] Guobin Liu. Soil conservation and sustainable agriculture on Loess Plateau: challenge and prospective[J]. AMBIO, 1999, 28(8):663-668.
- [8] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,1999.
- [9] 徐明岗,于荣,王伯人.土壤活性有机质的研究进展[J].土壤肥料,2000,(6):3-7.
- [10] Hu S J, van Bruggen A H C, Grünwald N J. Dynamics of bacterial population in relation to carbon availability in a residue amended soil[J]. Applied Soil Ecology,1999,13:21-30.
- [11] 苏静,赵世伟,马继东,等.宁南黄土丘陵区不同人工植被对土壤碳库的影响[J].水土保持研究,2005,12(3):50-52.
- [12] Whitbread A M, Lefroy R D B, Blair G J. A survey of the impact of cropping on soil physical and chemical properties in north-western New South Wales [J]. Australian J. of Soil Res., 1998,36:669-681.
- [13] Logninow W, Wisniewski W, Strong W M, et al. Fractionation of organic carbon based on susceptibility to oxidation [J]. Polish J. of Soil Sci., 1987,20:47-52.

黄土丘陵区封禁对土壤活性有机碳与碳库管理指数的影响

作者: [戴全厚](#), [刘国彬](#), [薛热](#), [张超](#), [余娜](#)

作者单位: [戴全厚, 余娜\(贵州大学, 林学院, 贵阳, 550025; 中国科学院, 水利部, 水土保持研究所/西北农林科技大学, 陕西, 杨陵, 712100\)](#), [刘国彬, 张超\(中国科学院, 水利部, 水土保持研究所/西北农林科技大学, 陕西, 杨陵, 712100\)](#), [薛热\(中国科学院, 水利部水土保持研究所/西北农林科技大学, 陕西, 杨陵, 712100; 西安理工大学, 西安, 710048\)](#)

刊名: [西北林学院学报](#) **ISTIC PKU**

英文刊名: [JOURNAL OF NORTHWEST FORESTRY UNIVERSITY](#)

年, 卷(期): 2008, 23(4)

引用次数: 0次

相似文献(9条)

1. 期刊论文 [戴全厚. 薛蕙. 刘国彬. 勃海峰. 张健. Dai Quanhou. Xue Sha. Liu Guobin. Bo Haifeng. Zhang Jian](#) [黄土丘陵区封禁对侵蚀土壤微生物生物量的影响 - 土壤学报](#)2008, 45 (3)

采用时空互代法, 以典型侵蚀环境纸坊沟流域不同封禁年限的狼牙刺群落和杂灌群落为研究对象, 选取放牧地和天然次生林为参照, 分析了生态恢复过程中土壤微生物生物量、呼吸强度、代谢商及理化性质的演变特征. 结果表明, 封禁后土壤理化性质明显改善: 微生物生物量随封禁年限的延长变化显著, 阳坡随封禁年限增加土壤微生物生物量显著增加, 25a后微生物生物量碳、氮、磷较封禁前分别增加252%、161%和174%, 但显著低于天然侧柏林, 仅为其39.0%、41.8%和53.7%; 阴坡封禁前10年微生物生物量迅速增加, 随后增加幅度减缓, 呈波动式缓慢上升趋势; 封禁25a后微生物生物量碳、氮、磷分别增加108%、93%和102%, 但明显低于天然杂灌群落和辽东栎林, 仅为辽东栎林的54.4%、49.1%和40.1%. 土壤呼吸强度在封禁5a后增大明显, 且随着年限增加逐渐上升, 阳坡25a时达到最大值, 而阴坡15a时达到最大值, 随后开始有所下降, 25a后降至最低点, 但仍显著高于放牧地, 相同封禁年限的土壤呼吸强度阴坡明显高于阳坡. qCO₂随着封禁进程逐渐降低, 25a后达到最低值. 相关性分析显示微生物生物量碳、氮、磷、呼吸强度、qCO₂与土壤养分和恢复年限相关性密切, 达到显著($p < 0.05$)或极显著水平($p < 0.01$).

2. 学位论文 [薛蕙](#) [黄土丘陵区生态恢复过程中土壤生物特性演变](#) 2007

本研究针对黄土高原生态恢复与重建的生态学过程和环境效应等关键科学问题和国家生态与环境建设的生态系统健康评估的需求, 以中国科学院陕北黄土丘陵区安塞野外实验站长期定位观测试验和生态恢复模式监测样点为研究对象, 采用时空互代法, 系统研究不同模式生态恢复过程中土壤微生物特性及其生化活性和活性碳库的演变特征, 分析其在生态恢复过程中的指示意义, 为黄土丘陵区生态恢复重建中土壤生物效应及质量评价提供科学依据. 主要研究结论如下: 1. 不同生态恢复过程土壤理化性质及抗蚀性演变结果表明, 撂荒、封禁、营造乔灌草或梯田化等恢复方式可以显著改善土壤理化性质和提高土壤抗蚀性, 并随恢复年限递增改善作用增强; 不同模式对土壤改善作用混交林>荒地>纯林; 推算不同恢复模式土壤理化性质恢复到中等、高等和天然林水平所需年限不同, 且较生态破坏作用要缓慢的多, 同种恢复模式不同指标所需年限亦不同. 2. 不同生态恢复过程中土壤微生物量、呼吸强度及代谢商演变结果表明: 黄土丘陵区土壤微生物量含量和SIR普遍偏低, 生态恢复与重建可以显著改善土壤微生物量, 不同恢复模式对其改善作用不同, 但较天然林的微生物量和SIR水平相比还有较大差距, 推算恢复到天然林水平需要上百年的时间. 基础呼吸强度随恢复过程表现主要有三种情况: ①初期迅速增加, 随后趋于稳定, 主要有撂荒; ②先升高后降低, 主要有营造乔灌林、封禁阴坡; ③逐渐升高, 包括梯田化、营造果园和封禁阳坡. 农田系统中qCO₂显著高于其它系统, 随着恢复过程在没有物质输出的恢复类型(撂荒、营造乔灌草、封禁)中逐渐降低, 在有物质输出的类型(果园、梯田化)中逐渐升高. 3. 土壤酶活性随封禁、撂荒、营造乔灌草和果园、梯田化的年限延长逐渐改善, 具体表现为磷酸酶、脲酶、蔗糖酶、纤维酶和过氧化氢酶活性显著降低, 多酚氧化酶活性显著降低, 淀粉酶活性变化规律不明显. 对土壤酶活性改善效果封禁>营造人工林>撂荒>人工果园>梯田化. 不同生态恢复过程土壤碳库研究表明: 撂荒、营造乔灌草及果园、梯田化可以显著增加土壤碳库各组分含量, 不同模式对其改善作用差异较大, 整体来说混交林>纯林>草地>农田; 同种模式对不同组分作用亦不同. 4. 相关性分析表明土壤微生物量、呼吸强度、酶活性、碳库各组分与理化性质、抗蚀性极显著相关; 据此提出黄土丘陵区土壤微生物量、SIR和活性碳库组分的分级标准, 统计各级别的分布频率, 构建各指标随恢复年限演变的回归模型, 推算出恢复到中等、高等及天然林水平所需的年限. 5. 生态恢复过程土壤属性指标的敏感性差异较大, 其中速效磷、碳库各组分和一些生物指标敏感性较高, 是潜在的指示因子; 不同生态恢复模式中土壤敏感性质量因子数量差异较大; 同种土壤属性因子对不同生态恢复模式的响应不同, 易氧化碳、脲酶活性、微生物量磷和土壤结构体系数可作为反映生态恢复过程中土壤质量的演变过程的灵敏因子. 6. 通过敏感性分析, 筛选出了可以反映生态恢复过程中6个敏感度的土壤生物指示因子分别为: 诱导呼吸强度、蔗糖酶活性、非活性有机碳、微生物量氮、热水浸提有机碳和水溶性有机碳. 其中, 诱导呼吸强度、蔗糖酶活性、非活性有机碳可以作为表征黄土丘陵区生态恢复过程中的关键敏感指示指标. 在此基础上对生物指标体系采用主成分分析和判别分析, 筛选并构建了表征黄土丘陵区生态恢复过程土壤质量生物属性的评价指标体系. 提出了恢复指数等7个土壤生物属性指数, 并构建了不同生态恢复措施中土壤生物活性质量演变的回归方程, 表明这些指数在反映生态恢复过程中具有良好实用性, 且具有不同的生态学意义, 可以反映不同的生态学特征.

3. 期刊论文 [张文辉. 郭连金. 徐学华. 李登武. 刘国彬](#) [黄土丘陵区狼牙刺种群恢复及群落土壤水分养分效应 - 水土保持学报](#)2004, 18 (6)

以荒草地为对照, 对黄土丘陵区封禁8年、20年和30年的狼牙刺群落的狼牙刺种群结构及群落土壤水分和养分的特征进行了系统研究, 分析了群落恢复与环境因子的关系. 在黄土丘陵区, 狼牙刺群落通过封禁能够恢复, 经过20年恢复种群可达到相对稳定的状态; 不同恢复阶段的狼牙刺种群密度、个体平均基径、高度和生物量差异明显: 30年>20年>8年>荒草地. 随着狼牙刺群落恢复, 种群幼龄个体减少, 中老龄个体增加, 但种群仍保持扩展趋势, 具有进一步发展潜力. 不同恢复阶段狼牙刺群落内土壤水出现了微弱干层, 并随根系延伸下移. 土壤养分在群落恢复初期增加较快, 后期比较稳定. 影响狼牙刺群落恢复和种群生长的环境因素主要是水分因子, 其中土壤水分、群落盖度比较重要. 狼牙刺适应力、繁殖力强, 种群具有扩展潜力, 未来应该充分利用其优良特性, 继续保持现有的封禁措施, 促进群落进一步恢复和环境条件的改善.

4. 期刊论文 [踞彤军. 刘普灵. 王栓全. 徐学选. 史新合. JU Tong-jun. LIU Pu-ling. WANG Shuan-quan. XU Xue-xuan.](#)

[SHI Xin-he](#) [黄土区不同地类坡面水沙动态过程及其发生机理的模拟实验研究 - 农业环境科学学报](#)2007, 26 (5)

利用模拟降雨在降雨性质上的可控性优势, 分析了在黄土丘陵区具有代表性的几种坡面土地利用方式(林灌地、封禁荒草地、弃耕荒地)的产流产沙动态过程及发生机制. 结果表明, 在降雨条件相近时, 不同类型坡面状况的初始产流时间差异明显. 次降雨过程中各地类小区产沙和产流动态变化不完全一致, 产沙量较产流量增加趋势更为显著. 在降雨和土壤条件相对一致的条件下, 不同地类小区的侵蚀产沙过程差异显著, 其中林地和草灌地与坡耕农地相比可增加入渗, 减水效益明显, 减沙效益更为显著, 表明实施林草植被建设, 包括退耕封禁等措施在内的生态治理减蚀效益明显, 能够有效地减少坡面的来水来沙; 并提出了可反映土壤抗蚀能力的量化指标—单位冲刷强度, 为在实验流域对包括退耕还林草、封禁措施在内的生态恢复重建过程的流域水沙变化及其效应评估提供量化指标.

5. 期刊论文 [张希彪. 上官周平. 王根旺. ZHANG Xi-Biao. SHANGGUAN Zhou-Ping. WANG Gen-Wang](#) [黄土丘陵区沙棘群落封育过程中物种多样性动态 - 植物研究](#)2007, 27 (3)

对黄土丘陵区子午岭不同封育年限沙棘群落的高等植物多样性特征进行了初步分析. 结果表明: 不同封育阶段沙棘群落灌木层和草本层的物种多样性指数表现出大致相同的趋势, 即草本层 > 灌木层. 同一层次的物种多样性指数D和H' 虽然数值不同, 但在不同封育阶段沙棘群落有基本一致的趋势, 灌木层物种多样性指数基本上随封育时间的增加而增加; 草本层多样性指数在荒草地阶段较高, 其他阶段的沙棘群落随封育时间的增加而减少. 随着群落封育, 群落相似性增加. 总体上, 随着沙棘群落的封育, 不同科属的植物种类在增加, 群落生态优势度增加, 群落趋向稳定. 采取封禁措施, 减少人为干扰, 是沙棘群落封育的有效途径.

6. 期刊论文 [徐学华](#). [张文辉](#). [张慧](#). [甄红伟](#). [王佐辉](#). [郑建伟](#). [XU Xue-hua](#). [ZHANG Wen-hui](#). [ZHANG Hui](#). [ZHEN Hong-wei](#).

[WANG Zuo-hui](#). [ZHENG Jian-wei](#) [黄土丘陵区狼牙刺群落恢复过程中物种多样性动态研究](#) - [河北农业大学学报](#)

2006, 29 (3)

研究不同恢复阶段狼牙刺群落下植物恢复过程的动态特征: 从灌木和草本各层的物种多样性指数看, 不同阶段狼牙刺群落表现出大致相同的趋势, 即草本层 > 灌木层. 同一层次的物种多样性指数D和H' 虽然数值不同, 但在不同阶段狼牙刺群落有基本一致的趋势, 灌木层物种多样性指数基本上随恢复时间的增加而增加; 草本层多样性指数在荒草地阶段较高, 其他阶段的狼牙刺群落随恢复时间的增加而减少. 随着群落恢复, 群落相似性增加. 总体上, 随着狼牙刺群落的恢复, 不同科属的植物种类在增加, 群落生态优势度增加, 群落趋向稳定. 采取封禁措施, 减少人为干扰, 是狼牙刺群落恢复的有效途径.

7. 期刊论文 [徐学华](#). [张文辉](#). [张金柱](#). [闫海霞](#). [XU Xue-hua](#). [ZHANG Wen-hui](#). [ZHANG Jin-zhu](#). [YAN Hai-Xia](#) [黄土丘陵区](#)

[不同恢复阶段狼牙刺种群动态研究](#) - [河北林果研究](#)2006, 21 (1)

以荒草坡为对照, 对黄土丘陵区封禁8 a、20 a和30 a的狼牙刺群落的狼牙刺种群结构进行了研究, 分析了种群的年龄结构、垂直结构、生命表、存活曲线规律. 结果表明: 不同恢复阶段的狼牙刺种群个体平均基径、高度差异明显: 30 a的垂直高度 > 20 a垂直高度 > 8 a垂直高度 > 荒草坡, 说明不同恢复阶段狼牙刺种群年龄结构均属于进展型. 随着狼牙刺恢复, 种群稳定性增加. 狼牙刺种群适应力、繁殖力强, 是严酷条件下植被恢复的优良树种, 应该充分利用其优良特性, 抑制不利的环境因素, 以封禁和生态修复为主, 迅速恢复严酷生境条件下的植被.

8. 期刊论文 [程文龙](#) [山西阳曲一种草养牛封禁养山](#) - [中国水利](#)2005 (12)

阳曲县位于山西省省会太原市的北部, 地处黄河一级支流汾河的上游, 属黄土丘陵区. 全县总土地面积2063km², 总人口14万人, 其中农业人口12.8万人. 境内沟壑纵横, 十年九旱, 生态与环境恶劣. 1999年实施黄土高原水土保持世行贷款二期项目以来, 阳曲县以项目为龙头, 加大治理投入力度, 转变治理方略, 大力发展种草养牛, 实施禁牧舍饲, 使水土保持生态修复步入了前所未有的快车道.

9. 期刊论文 [王国梁](#). [刘国彬](#). [许明祥](#) [黄土丘陵区纸坊沟流域植被恢复的土壤养分效应](#) - [水土保持通报](#)2002, 22 (1)

经过20a多的人工恢复和封禁措施, 纸坊沟流域内的植物群落对土壤养分产生明显影响, 植被对土壤养分的作用表现为, 在植被作用下土壤有机质、全氮、水解氮、全磷、速效磷向土壤上层富集, 但不同植被对养分的影响不同. 从土壤剖面来看, 植被对0-20 cm土壤养分作用大于20-40 cm; 从植被生活型来看, 草本对0-40 cm土壤养分的提高作用大于乔木和灌木. 土壤全氮与土壤有机质之间有良好的线性相关关系, 土壤全磷与土壤有机质之间也有一定的线性相关关系, 其中0-20 cm相关性好, 但20-40 cm相关性较差, 说明土壤有机质的累积和分解对土壤全磷和全氮有重要影响.

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_xblxyxb200804005.aspx

下载时间: 2009年9月24日