

宁南黄土丘陵区不同人工植被对土壤碳库的影响

苏 静¹, 赵世伟², 马继东², 杨永辉², 刘娜娜¹

(1. 西北农林科技大学; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 运用碳库管理指数分析了被恢复后宁南黄土丘陵区不同人工植被对土壤碳库的影响, 结果表明: 植被恢复增加各个土层土壤有机碳含量, 但是活性有机碳含量表现不同, 草地减少, 其他植被与农田土壤活性有机碳含量差异不大。随着栽植年限的延长, 土壤有机碳含量在各个土层都增加, 且在 0~30 cm 土层内增加的幅度都比较大。但是年限并不能增加土壤活性有机碳含量, 说明植被恢复年限增加的是土壤非活性有机碳。植被恢复提高了土壤碳库管理指数, 其中天然草地增加更为明显。

关键词: 有机碳; 活性有机碳; 碳库管理指数

中图分类号: S 153. 61; 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2005) 03-0050-03

Influence of Man-made Vegetation on Carbon Pool in Southern Ningxia Region in Loess Plateau

SU Jing¹, ZHA O Shi-wei², MA Ji-dong², YANG Yong-hui², LIU Na-na¹

(1. Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry;

2 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The influence of man-made vegetation on carbon pool with C pool management index in southern Ningxia region in Loess Plateau is studied, the results show that vegetation can increase soil organic carbon, but there is different results about active carbon, active carbon in pasture decreased, there is no difference between the other vegetation and cropland. With the number of years, the SOC is improved in horizons, and no changes in active carbon, vegetation can increase soil no-active carbon.

Key words: organic carbon; active carbon; C pool management index

植被恢复是黄土高原侵蚀地区生态环境建设的重要措施, 植被恢复增加土壤有机碳含量。谢宝平研究指出地表无植被, 表土层有机质含量仅 0.32%, 当停止人为干扰进入植被恢复后, 随着草本植物的侵入形成草丛, 有机质的含量明显增加。有植被覆盖的鹼鹼草, 纤毛鸭嘴草其土壤有机质含量分别为 0.51% 和 1.05%, 当植被恢复到溜草阶段和马尾松混交林阶段后, 其含量分别达到 2.58% 和 1.67%^[1]。植被恢复因年限的不同, 植被对土壤有机碳含量的贡献不同, 不同的恢复措施和年限对土壤有机质的影响不同。常庆瑞研究表明: 围封 5 a 与围栏外自由放牧相比, 表层 (0~10 cm) 土壤有机质增加了 0.54%, 而 8 a 则增加了 1.06%^[2]。土壤有机质含量增加, 促进植被的演替, 植被又向土壤提供更多的凋落物, 促进凋落物的腐解和土壤腐殖化过程, 增加土壤有机质含量。这样的良性循环改善了土壤环境, 提高了生态环境功能。

土壤碳库平衡是土壤肥力保持的重要内容, 同时土壤碳库还同生态环境有一定的作用, 土壤有机碳的数量和质量影

响土壤潜在生产力, 土壤有机碳的含量反映了地表植物群落的空间分布和时间上的演替, 其规律性则是能量与水分循环同外界各自然因素之间相互作用和运动的具体表现。土壤碳库的动态平衡直接影响土壤养分状况和土壤中碳的转化和循环, 进而影响土壤生态系统, 对土壤碳库的了解促进生态环境建设方式和配置的改善。

人为地创造结构合理的群落, 可加速系统恢复, 大大提高系统生产能力^[3]。现在黄土高原地区广泛采用的复合农林种植模式, 就是采用这种结构特点, 使农林产品均获较好的效益。因此, 通过研究不同植被恢复对土壤养分的影响, 更好地了解植被与土壤的互动关系, 为黄土高原生态环境建设提供依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

本研究在黄土高原地区西部固原县上黄村进行。上黄村地理位置: 106°26'~106°30'E, 35°59'~36°03'N; 海拔高度 1 534~1 824 m。其中所处的地区气候状况为: 年总辐射量

① 收稿日期: 2004-12-28

基金项目: 国家“十五”重大科技攻关计划课题(2001BA606A—4); 中科院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-421)资助

作者简介: 苏静(1978-), 女, 硕士研究生, 研究方向为植被与土壤有机碳关系。

5 342.4 MJ/m², 年均气温 7.0 , 年均降雨量 472 mm, 干燥度指数 1.55, 无霜期 152 d。研究地为典型的温凉半干旱地区, 属浅切丘陵地貌, 具有黄土丘陵沟壑区第二副区典型特征, 梁、峁、沟壑并存, 沟道发育。区内土层厚度 50~150 m, 土壤为细黄土、淡黑垆土和普通黑垆土, 其中以细黄土为主, 占 74%, 主要分布在梁峁丘陵坡地上, 土壤肥力中下, 生产水平低; 淡黑垆土占 21%, 主要分布在较缓的阳坡地和河流老阶地上, 地势较平坦, 土壤肥力适中; 普通黑垆土约占 2%, 零星分布在川台掌地上。

土壤质地为粉质壤土, 分散性强, 易侵蚀, 肥力较低。区植被属灌丛草原植被类型区, 在群落中起优势作用的植物有芨芨、长芒草、短花针茅、冷蒿、百里香和铁杆蒿等, 伴生植物有硬质早熟禾、阿尔泰狗娃花、车前、异叶青兰、糙叶黄芪、细叶葱、狼毒和赖草等。栽培植被主要有冬小麦、胡麻、苜蓿、杨树、榆树、杏树和沙棘等。由于多年来的造林实践证明, 柠条、沙棘和山杏根系发达, 具有广泛的适应性和很强的抗逆性, 是营造水土保持林, 防风固沙林的优良树种^[8,11], 所以试验将选取农田、草地、柠条、沙棘和山杏为植被类型代表, 分别测定 0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm 土层深度土壤养分含量(全氮、速效磷、总有机质、活性有机质)。

1.2 土样采集

1.3 测定方法

全氮测定采用开氏法, 利用自动定氮仪测定。速效磷用 0.5 mol/L NaHCO₃ 法测定。总有机碳采用重铬酸钾容量法——外加加热法, 活性有机碳则采用重铬酸钾容量法——稀释热法来测定。

1.4 碳库管理指数的计算

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

碳库指数(CPI) = 样品总碳含量(mg/kg) / 参考土壤总碳含量(mg/kg)

碳库活度指数(AI) = 样品碳库活度 / 参考土壤碳库活度

碳库活度(A) = 土壤活性有机碳含量(mg/kg) / 非活性

有机碳含量(mg/kg)

以农田土壤为参照土壤, 计算植被恢复后土壤碳库的变化^[4]。

2 结 果

2.1 不同植被对土壤有机碳含量的影响

人工植被恢复对土壤有机碳含量的影响从图 1 看出: 土壤有机碳含量, 山杏> 沙棘> 草地> 柠条, 农地最低, 土壤有机碳含量各个植被下表层 0~10 cm 都高于 10~20 cm 和 20~30 cm。10~20 cm 土层草地的有机碳含量最大, 山杏, 柠条和沙棘其次, 都高于农地。在 20~30 cm 土层土壤有机碳含量草地仍最高, 柠条高于山杏和沙棘。

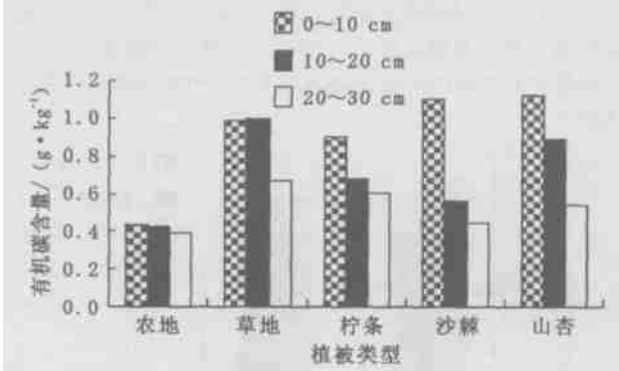


图 1 不同植被下土壤有机碳含量差异

植被类型对土壤有机碳有重要的影响, 有植被的土壤由于植被凋落物的输入及其植被对土壤环境条件的改善有利于凋落物在土壤中的转化, 因此有机碳含量增加。山杏地耕种历史较久, 沙棘由于植被凋落物在表层, 根系较浅, 因此表层有机碳含量远远高于深层。草地由于根系的穿插和草地枯落物完全凋落, 输入土壤中的有机物较多, 土壤有机碳含量在 0~20 cm 间变化不大。柠条根系较为深, 因此下层土壤有机碳含量较高。农地由于人为的耕作, 归还土壤的有机物少, 因此土壤有机碳含量最低。

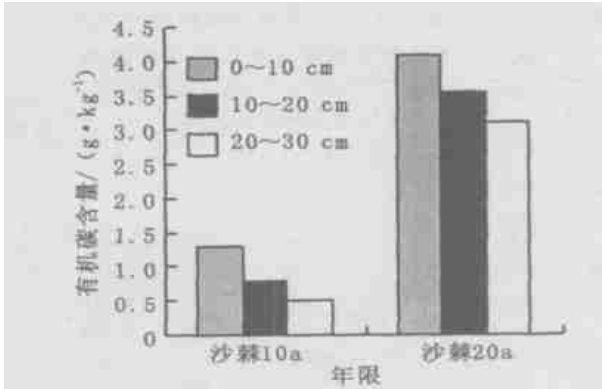


图 2 年限对沙棘土壤有机碳含量的影响

2.2 不同恢复年限对土壤有机碳含量的影响

由于植被类型的不同, 年限对土壤有机碳含量的影响也 不同。试验数据表明: 沙棘恢复 20 a 后土壤有机碳含量显著 高于恢复 10 a 的, 随着年限的增加, 沙棘土壤有机碳含量呈 现增加的趋势。但是柠条土壤种植 15 a 的有机碳含量在 0~ 10 cm 土层的与种植 20 a 的只是略有增加, 在 10~20 cm 和

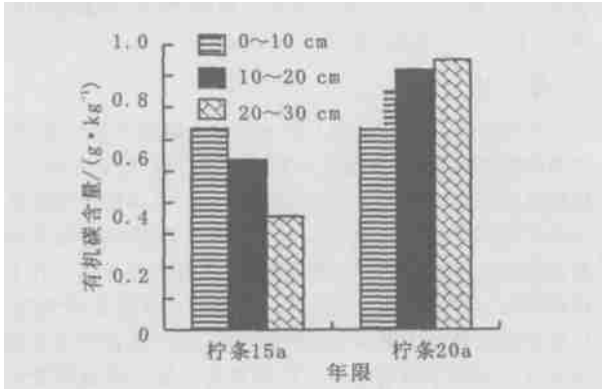


图 3 年限对柠条土壤有机碳含量的影响

20~30 cm 沙棘种植 20 a 的有机碳含量明显高于 15 a 的。说 明随柠条年限的延长, 土壤有机碳含量增加。

随着恢复年限的增加, 土壤有机碳含量都呈现增加的趋势, 且对沙棘和柠条土层越深, 土壤有机碳含量增加的幅度 越大。就两种植被而言, 沙棘土壤有机碳含量增加的速度和 幅度要高于柠条, 这可能与植被类型的生长习性有关。

2.3 植被类型和年限对活性有机碳库的影响

2.3.1 植被类型

植被凋落物的性质和数量影响土壤碳组分,含量的转化和循环。农田和山杏土壤活性有机碳含量最高,草地最少。在 0~10 cm 土层,沙棘活性有机碳含量最高,农田、山杏然后是柠条,草地最低。10~20 cm 土层土壤活性有机碳略有不同,山杏最高,然后依次是农田、沙棘柠条和草地。20~30 cm 土层活性有机碳含量柠条最高,山杏、沙棘、农田、草地依次降低,但是这四种利用方式下土壤活性有机碳差异不大。

2.3.2 年限对土壤活性有机碳含量的影响

结果表明:随着年限的增加,沙棘土壤活性有机碳含量在 0~10 cm 呈现减少的趋势,10~20 cm 和 20~30 cm 土层活性有机碳含量略有增加,20~30 cm 增加的幅度稍大些。柠条随生长年限的增加,土壤各个层次活性有机碳含量几乎不变化。

植被恢复年限增加,土壤有机碳含量增加(图 2 和图

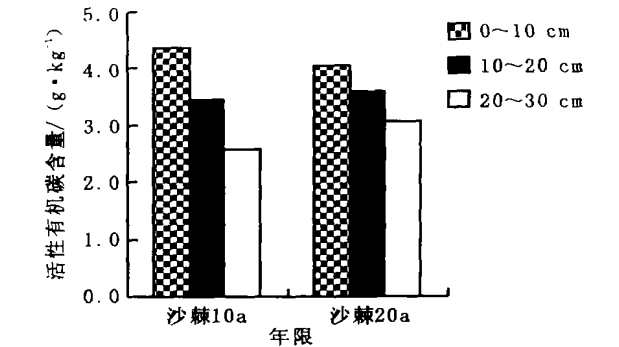


图 5 年限对沙棘土壤活性有机碳含量的影响

2.4 植被类型和年限对碳库管理指数的影响

结果显示(表 1):草地土壤活性有机碳库管理指数最大,然后是山杏、沙棘、柠条,说明植被恢复增加了土壤活性有机碳库管理指数。土壤活性有机碳碳库管理指数反映出土壤活性有机碳含量同样高。对于不同土层,土壤有机活性有机碳库表现不同,草地 0~20 cm 土层都不较高,柠条、沙棘和山杏土壤 0~10 cm 土层显著高于 10~20 cm 和 20~30 cm。

3 结 论

宁南黄土丘陵区不同人工植被对土壤碳库的影响,采用土壤活性有机碳和“土壤碳库管理指数”所作的分析评价,植被恢复增加各个土层土壤有机碳含量,但是活性有机碳含量表现不同,草地减少,其他植被与农田土壤活性有机碳含量差异不大。随着栽培年限的延长,土壤有机碳含量在各个土层都增加,且在 0~30 cm 土层内增加的幅度都比较大。但是年限并不能增加土壤活性有机碳含量,说明植被恢复年限增加的是土壤非活性有机碳。植被恢复增加土壤碳库管理指数,天然植被草地增加的最多。

土壤碳库的动态平衡直接影响土壤养分状况和土壤中碳的转化和循环,进而影响土壤生态系统。植被恢复增加土壤有机碳含量,但是本研究发现植被恢复并不增加土壤活性有机碳含量,因此认为植被恢复增加的是土壤非活性有机碳含量。即更多的有机碳被固定到土壤中,使土壤成为更大的

3),但是活性有机碳含量却呈现下降或不变的趋势,也就是说土壤稳定性非活性有机碳含量是增加的,说明恢复年限增加的是土壤非活性有机碳含量。

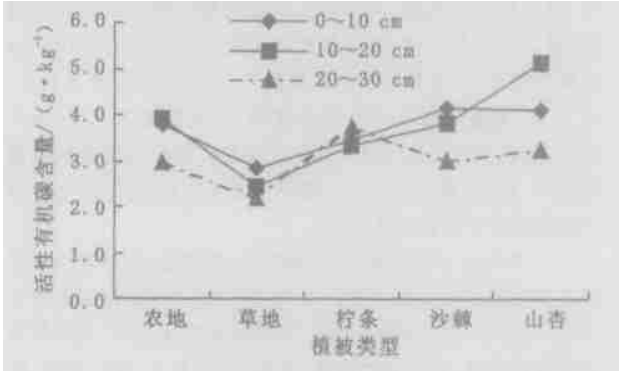


图 4 植被土壤活性有机碳含量的影响

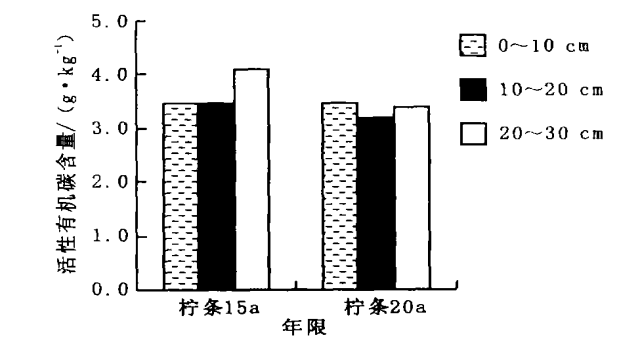


图 6 年限对柠条土壤活性有机碳含量的影响

碳汇,减少大气中碳的含量,提高生态环境质量。

土壤活性有机碳是微生物生长的速效基质,其含量高低直接影响土壤微生物的活性,因此土壤活性有机碳对调节土壤养分分流有很大影响,对土壤管理措施响应明显^[5],与土壤内在的生产力高度相关。土壤活性有机碳的生态效应主要讨论了农业生产措施、季节、温湿度变化等对土壤活性有机碳的影响以及土壤活性有机碳与水体富营养比、温室气体排放的关系。

表 1 植被对土壤碳库管理指数的影响

植被类型	土层深度 /cm	非活性 C	碳库活度	碳库活度指数	碳库指数	土壤碳库管理指数
农田	0~10	0.612	6.179			
	10~20	0.360	10.904			
	20~30	0.912	3.253			
草地	0~10	7.006	0.409	0.066	2.247	3391.6
	10~20	7.519	0.323	0.030	2.325	7844.5
	20~30	4.453	0.499	0.153	1.721	1121.8
柠条	0~10	5.597	0.620	0.100	2.063	2056.0
	10~20	3.432	0.970	0.089	1.580	1775.4
	20~30	2.313	1.618	0.497	1.743	350.5
沙棘	0~10	6.906	0.602	0.097	2.517	2583.7
	10~20	1.737	2.216	0.203	2.585	1272.2
	20~30	1.404	2.144	0.659	1.138	172.7
山杏	0~10	7.152	0.576	0.093	2.565	2752.0
	10~20	3.753	1.366	0.125	2.074	1656.3
	20~30	2.109	1.546	0.475	1.384	291.2

沟布设在坡度 15 以下坡面, 每段沟长 4 m, 上开口宽 1. 02 m, 底宽 0. 5 m, 深 0. 82 m, 段间在开挖时留 0. 4 m 宽横挡, 将沟内挖出的土石放置在沟下方, 且筑成相互连接的拦水土埂, 沟纵向间距 3 m, 鱼鳞坑布设在 15 以上较陡坡面, 坑间呈品字型排列, 坑上开口宽 1 m, 底宽 0. 5 m, 深 0. 82 m, 坑长视坡面地形而定, 坑内挖出的土石筑成半圆型拦水土埂。水平沟、鱼鳞坑正常蓄水是 0. 6 m³/m 和 0. 7 m³/个, 最大蓄水量分别是 0. 81 m³/m 和 0. 8 m³/个。小流域实施坡面水土保持工程共 123. 3 hm², 其中水平沟 98 hm²、鱼鳞坑 25. 3 hm², 开挖土石方合计 178 734 m³。

2. 1. 2 加固沟口拦洪坝工程

小流域泻洪沟口原拦洪土坝顶长 81. 7 m, 坝高 9. 5 m, 坝截洪稳定系数 0. 63, 蓄水库容 201 800 m³, 控制流域面积 56 hm²。拦洪土坝加固工程实施完成项目是: 坝体添填土方 23 897 m³, 坝迎水面干砌石 715 m³, 干砌石下沿砌高 1. 5 m, 浆砌石基础 73 m³; 施工后拦蓄水坝顶长增至 163 m, 坝高增至 11. 5 m, 稳定系数提高到 1. 65, 库容正常蓄水 236 000 m³ (设计蓄水量), 最大可达 314 000 m³, 控制流域面积 1. 48 km², 控制面积率达 71. 5%。

2. 2 营造乔灌木保林措施

依据“适地适树”造林原则, 对小流域水平沟、鱼鳞坑内和拦洪坝背水面坡等部位营造乔灌木保林 201. 17 km²。其中栽种株行距 1. 5 m × 3 m, 3 年生油松针叶乔木 27. 9 万株 (125. 45 hm²), 栽种穴行距 1. 5 m × 3 m, 杨柴、沙柳灌 168 098 穴 (75. 72 hm²)。乔灌木保林均于 1994 年春季坐底水栽种, 并且在造林后随即架设 5 000 m 围栏对小流域实施封育管护措施。

3 治理效果

3. 1 乔灌木保林成活情况

1994 年 6 月下旬对小流域乔灌木保林造林成活率进行调查, 采取均匀抽样调查方法。调查油松总株数 4 177 株, 其中成活 3 954 株, 死亡 233 株, 成活率 94. 5%; 调查灌木总穴

参考文献:

[1] 吉庆瑞. 伊克昭盟国土资源[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1988. 27- 57.
[2] SD238- 87, 水土保持技术规范[S].

(上接第 52 页)

植被恢复是宁南山区生态环境建设的重要措施, 植被恢复改变了土地利用方式, 改变了土壤有机碳及组分的含量, 活性有机碳的变化说明植被恢复在环境中的重要意义, 应该参考文献:

[1] 谢宝平. 华南严重侵蚀地植被恢复对土壤条件影响的研究[J]. 江西农业大学学报, 2000, 22(1): 135- 139.
[2] 常庆瑞. 黄土高原恢复植被防止土地退化效益研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(4): 6- 9.
[3] 方晰, 田大伦, 胥灿辉. 马尾松人工林生产与碳素动态[J]. 中南林学院学报, 2003, 23(2): 11- 15.
[4] 王晶, 朱平, 张男. 施肥对黑土活性有机碳和碳库管理指数的影响[J]. 土壤通报, 2003, 34(5): 394- 397.
[5] 沈宏, 曹志洪, 胡正义. 土壤活性有机碳的表征及其生态效应[J]. 生态学杂志, 1999, 18(3): 32- 38.

3 361 穴, 其中成活 2 585 穴, 死亡 776 穴, 成活率 76. 9%。结果表明乔灌木保林成活率超过国家林业总局颁发的工程造林成活合格标准: 乔木 85%, 灌木 70%。

在治理小流域过程中, 由于严把造林质量关, 加之彻底的封育管护, 保证了在人工林正常成活与生长同时, 还促使虫实、沙竹和沙蒿等天然植物大量繁殖, 小流域绿地面积率达 97%, 植被覆盖度由 16% 提高到 29. 8%, 为发挥水土保持措施中乔灌木蓄水保土的功效起到了有益作用。

3. 2 水土保持工程截洪护矿作用初步验证

水土保持工程于 1994 年 5 月竣工, 当年 7 月既进入雨季, 据矿区当地伊旗气象站测定和我们实地观测, 7、8、9 月共降雨 334 mm, 是当地常年雨季降水量的 221. 4%, 特别是 8 月 3 日 22: 00 至 4 日 8: 35, 10. 5 h 降特大暴雨 281 mm, 强度达到 130 年一遇的标准, 然而, 小流域汇水区坡面降雨被全面拦截在水平沟和鱼鳞坑内, 丘陵坡面雨水未汇集成径流, 骨干拦洪坝库区蓄水量仅 3 750 m³, 是设计拦洪蓄水库容的 1. 6%, 上湾煤矿井田和工业广场安然无恙。若在 1994 年雨季前未对小流域进行水土保持综合治理, 10. 5 h 降特大暴雨 281 mm 形成的洪水会造成大量泥沙组成的水土流失洪流自 189. 6 m 高倾泻冲向上湾煤矿工业广场和井口, 毫无疑问会直接给上湾煤矿造成财产损失和人员伤亡。

4 结 语

通过对上湾煤矿井田红石圈渠 2. 07 km² 小流域水土保持综合治理, 实施坡面水平沟、鱼鳞坑 123. 3 hm², 完成沟道拦洪崩干坝工程, 使坝蓄水库容增至 0. 314 mm³, 营造乔灌木保林 201. 17 hm² 成活率 94. 7% 和 76. 9%, 造林绿地面积达 97%, 小流域植被覆盖度提高到 29. 8%; 经 1994 年降特大暴雨验证, 水土保持综合治理工程有效地拦截了 130 年一遇洪水的危害, 为上湾煤矿安全生产, 避免财产损失和人员伤亡起到显著的生态防护作用, 而且今后随着乔灌木保林的生长与成林, 水土保持工程还将产生持久与稳定的防洪护矿生态经济效益。

进一步探讨较常年尺度下, 土壤碳库的变化, 说明植被恢复与土壤碳库间的相关性及其发生变化的趋势。