

doi:10.13866/j.azr.2015.02.04

种植枸杞对次生盐渍化土壤活性有机碳和碳库管理指数的影响^①

李银科, 马全林, 王耀琳, 孙涛, 靳虎甲, 宋德伟, 杜娟

(甘肃省荒漠化与风沙灾害防治重点实验室, 省部共建国家重点实验室培育基地, 甘肃省治沙研究所, 甘肃兰州 730070)

摘要:以次生盐渍化弃耕地为对照, 研究种植枸杞对次生盐渍化土壤有机碳、活性有机碳、非活性有机碳及碳库管理指数的影响。结果表明:与弃耕地相比, 4 a、7 a、11 a 枸杞地 0~100 cm 土壤有机碳分别增加 41.6%、46.5%、51.1%, 活性有机碳分别增加 57.1%、57.9%、54.4%, 非活性有机碳分别增加 24.0%、33.2%、47.3%, 增加量在 0~10 cm 和 60~80 cm 土层最为明显;次生盐渍化土地种植枸杞后碳库活度和碳库管理指数有所增加, 碳库指数和碳库管理指数明显增加, 土壤质量得到改善。土壤总有机碳、活性有机碳、非活性有机碳和碳库指数与土壤肥力提高、含盐量和 pH 的降低密切相关, 可作为表征次生盐渍化土壤质量改善的指标。

关键词:枸杞; 次生盐渍化; 活性有机碳; 碳库管理指数

景电灌区位于甘肃省中部, 地处黄土高原与腾格里沙漠的过渡地带, 土地丰富, 光热充足, 但水资源缺乏。高扬程抽提黄河水使大片土地得到灌溉, 但由于特殊的地质地貌、母质、气候和不合理的灌溉等诸多因素的影响^[1], 土壤次生盐渍化现象非常严重, 大面积土地弃耕。种植耐盐碱的经济作物是盐碱地改良利用的重要措施, 在取得经济效益的同时, 还可以改善土壤质量。

土壤有机碳是土壤的重要组成部分, 是表征土壤肥力的重要指标, 该指标已被用来评价退化生态系统中的恢复效果^[2-3]。但全量土壤有机质的数量不能很好地反映土壤有机质质量的变化, 它只是一个矿化分解和合成的平衡结果, 不能反映转化速率等^[4-5]。土壤活性有机碳具有移动性快、稳定性差、易氧化和分解的那部分有机碳, 它对植物养分供应有直接作用, 可以灵敏地反应不同农业生产措施对土壤碳库和潜在生产力的影响, 土壤有机碳的数量和质量动态最初主要是通过活性有机碳的变化表现出来的^[6-9]。

近年来, 土壤活性有机碳和碳库管理指数成为土壤质量和土壤管理的评价指标^[10-13]。研究表明, 种植枸杞可以改良盐碱地, 提高土壤质量^[14], 然而针对景电灌区次生盐渍化土地种植枸杞后土壤活性

有机碳演变和碳库管理指数变化的研究未见报道。本文以不同种植年限的枸杞地为研究对象, 分析枸杞种植过程中土壤活性有机碳及其管理指数的变化过程, 揭示种植枸杞对改善土壤环境的作用机制, 为评价人工经济林促进土壤质量管理和盐碱地改良提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地点位于甘肃省景泰县草窝滩镇红跃村, 地处 103°51'~104°13'E, 37°13'~37°20'N, 海拔 1 565 m。气候干旱少雨, 降水量 185 mm, 蒸发量 3 040 mm, 平均气温 8.5 °C。地带性土壤为荒漠灰钙土。该区地表水资源较为贫乏, 地下水资源极不丰富。景电高扬程电力引黄提灌工程为农业生产提供了灌溉水资源, 然而由于特殊的地质地貌、母质、气候和不合理的灌溉等, 造成土壤的次生盐渍化现象非常严重, 大面积土地弃耕。1998 年以来, 该区陆续种植耐盐碱经济作物枸杞, 取得了较好的效果。本研究以弃耕盐碱地(种植枸杞年限为 0 a)为对照, 选取种植年限为 4 a、7 a、11 a 的枸杞地为研究对象, 各枸杞地管理基本一致。地块间开挖渠道, 灌

① 收稿日期: 2013-07-18; 修订日期: 2013-10-15

基金项目: 甘肃省青年科学基金项目(1208RJYA067, 1208RJYA093); 全球环境基金项目(GEF/53-4280); 甘肃省省属科研院所科技创新团队(1207TTC A002)

作者简介: 李银科(1982-), 男, 硕士, 助理研究员, 主要从事荒漠化防治方面的研究工作. E-mail: lyk819@163.com

水洗盐,年灌水 7~8 次,每次 1 350~1 800 m³·hm⁻²,漫灌。每年施农家肥约 34.5 t·hm⁻²,尿素约 790 kg·hm⁻²,磷酸二铵约 1 690 kg·hm⁻²,过磷酸钙约 750 kg·hm⁻²,复合肥(N、P、K 各占 17%)约 1 500 kg·hm⁻²。

1.2 样品采集与分析

2010 年 8 月,在上述 4 个处理中随机选取 3 块样地作为 3 个重复,土壤取样深度为 1 m,每 10 cm 取一个样,共分 10 个层次进行采样。每块样地取 5 个样点,同层次土样混合作为 1 个混合样。

土样风干后过 2 mm 和 0.25 mm 筛备用。总有机碳测定用重铬酸钾氧化—外加加热法,活性有机碳用高锰酸钾氧化法^[15],全氮用半微量开氏法,全磷用氢氧化钠熔融—钼锑抗比色法,全钾用氢氧化钠熔融—火焰光度法,碱解氮用碱解扩散法,速效磷测定用碳酸氢钠提取—钼锑抗比色法,速效钾测定用醋酸铵浸提—火焰光度法^[16],全盐量测定水土比为 5:1,pH 的测定用酸度计法(水土比为 2.5:1)^[17]。

碳库管理指数的计算^[5]:

碳库指数(CPI) = 样品总有机碳含量(g·kg⁻¹)/参考土壤总有机碳含量(g·kg⁻¹)

土壤碳的不稳定性,即:

碳库活度(L) = 样本中的活性有机碳(CL)/样本中的非活性有机碳(CNL)

碳损失及其稳定性的影响可用活度指数(LI)表示:

$LI = \text{样本的不稳定性}(L) / \text{对照的不稳定性}(L)$

基于以上指标可以得到碳库管理指数(CPMI):

$CPMI = CPI \times LI \times 100$

所有的土壤均以对照土壤为参照。

1.3 数据统计分析

以枸杞不同种植年限作为固定因素,以总有机碳、活性有机碳、非活性有机碳、碳库指数、碳库活

度、碳库活度指数和碳库管理指数为随机因素,用 SPSS 13.0 软件进行单因素方差分析,用 LSD($P < 0.05$)法进行差异显著性比较;对碳库因子与养分因子、全盐量、pH 进行相关分析,用 Excel 软件绘图。

2 结果与分析

2.1 种植枸杞对 0~100 cm 土层土壤有机碳的影响

次生盐渍化土地种植枸杞后,土壤碳库各组分变化明显(表 1,图 1)。0~100 cm 土壤总有机碳和活性有机碳均在枸杞种植 4 a 后显著增加,之后变化趋缓,有机碳在 4 a、7 a、11 a 分别比弃耕地增加 41.6%、46.5%、51.1%;活性有机碳在 11 a 出现下降趋势,4 a、7 a、11 a 分别比弃耕地增加 57.1%、57.9%、54.4%;非活性有机碳在 7 a 后显著增加,4 a、7 a、11 a 分别比弃耕地增加 24.0%、33.2%、47.3%。从图 1 可见,随着土层深度的增加,有机碳和活性有机碳均呈先减小再增加再减小的趋势,其值在 0~10 cm 和 60~80 cm 土层增加最为明显,表层是因为枸杞枯枝落叶增加了土壤有机碳含量,60~80 cm 可能与上层有机碳含量较高的土壤细粒随频繁的灌溉沉积到该层有关。以上说明种植枸杞有利于土壤碳各组分的增加。

2.2 种植枸杞对土壤碳库活度、管理指数的影响

土壤碳库活度和碳库活度指数都可以用来反映土壤碳素的活跃程度,活度越大,表示有机碳越易被微生物分解,质量越高^[11]。表 1 所示,碳库活度和碳库活度指数在枸杞种植后有所增加,4 a 时达到最大,之后又逐渐降低,整个变化过程均不显著。说明次生盐渍化土地种植枸杞土壤碳活性会有所增加,土壤碳质量有所提高。碳库指数和碳库管理指数能够反映土壤质量下降或更新的程度,较为全面和动

表 1 种植枸杞对 0~100 cm 土层土壤碳库组分及碳库管理指数的影响

Tab. 1 Effects of medlar planting on soil carbon pool components and carbon pool management index at the soil depth of 0–100 cm

种植年限 /a	总有机碳	活性有机碳	非活性有机碳	碳库活度	碳库活度 指数	碳库指数	碳库管理 指数
0	6.32b	3.40b	2.92b	1.19a	1.00a	1.00b	100.00b
4	8.95a	5.34a	3.62ab	1.48a	1.29a	1.43a	185.06a
7	9.26a	5.37a	3.89a	1.40a	1.25a	1.48a	184.13a
11	9.55a	5.25a	4.30a	1.24a	1.05a	1.53a	160.85ab

同列字母不同,表示样地之间达到 5% 的显著差异。

态地反映外界条件对碳库中各组分在质和量上的变化^[18-19],其中碳库管理指数可以用来反映土壤经营管理的科学性,其值升高,表明经营方式对土壤有培肥作用,土壤质量向良性发展;其值降低则表明土壤肥力下降,土壤性质恶化。碳库指数在枸杞种植后逐年增加,4 a 时达到显著水平,4~11 a 不显著地增加;碳库管理指数在枸杞种植后增加,4 a 时达到显著水平,4~11 a 又不显著地减小。不同种植年限 0~100 cm 土层碳库指数的垂直变化显示,种植枸

杞土壤碳库指数明显增加,表层 0~20 cm 和 60~80 cm 土层增加最多;土壤碳库管理指数的增加总体随土层深度的增而增加,70 cm 以下增加明显(图 1)。说明该区次生盐渍化土地种植枸杞后,土壤质量得到明显改善,但枸杞种植的经营管理措施也有不科学之处,例如每年有大量修剪枝条和果实移出枸杞林,而人为输入有机物料不足。种植 4~7 a 属于枸杞旺盛生长阶段,10 a 以后植株老化被逐渐换成新苗,这可能是枸杞林后期活性有机碳含量有所

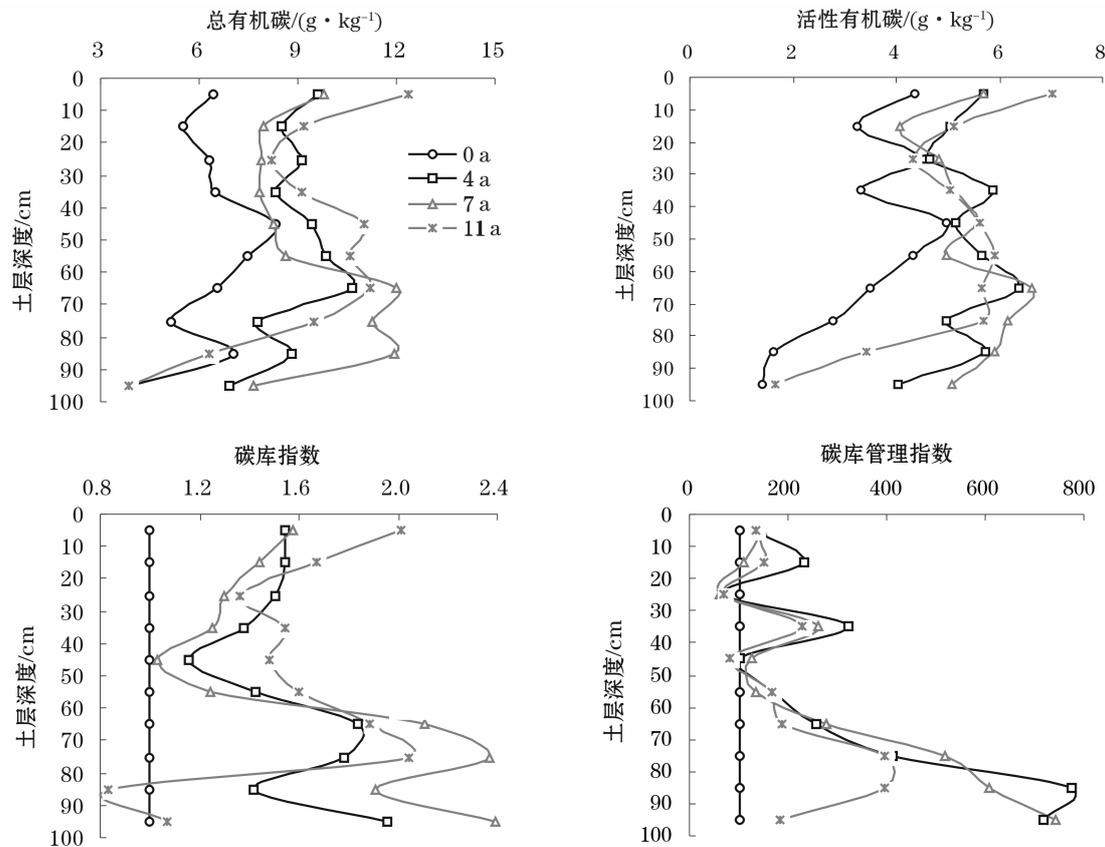


图 1 总有机碳、活性有机碳、碳库指数和碳库管理指数随土层深度的变化

Fig. 1 Variation of total organic carbon, active organic carbon, carbon pool index, and carbon pool management index at the different soil depths

表 2 碳库组分及碳库管理指数与养分、盐分、pH 的相关性分析

Tab. 2 Correlations among carbon pool components, carbon pool management index and nutrition factors, salinity factors and pH value

	全氮	全磷	全钾	碱解氮	速效磷	速效钾	全盐量	pH
TOC	0.712 **	0.117	0.168	0.577 **	0.226 *	0.316 **	-0.331 **	-0.544 **
AOC	0.598 **	0.055	0.204 *	0.626 **	0.222 *	0.277 **	-0.262 **	-0.467 **
NAOC	0.469 **	0.118	0.052	0.247 **	0.118	0.197 *	-0.234 *	-0.349 **
L	-0.069	-0.064	0.034	0.045	0.008	-0.011	0.124	0.103
LI	0.096	-0.036	-0.008	0.072	0.119	0.081	-0.067	-0.093
CPI	0.404 **	0.087	0.324 **	0.323 **	0.125	0.047	-0.245 **	-0.298 **
CPMI	0.237 *	-0.001	0.139	0.160	0.113	0.063	-0.116	-0.171

TOC 表示有机碳;AOC 表示活性有机碳;NAOC 表示非活性有机碳;L 表示碳库活度;LI 表示碳库活度指数;CPI 表示碳库指数;CPMI 表示碳库管理指数。

降低的原因。

2.3 土壤活性有机碳、碳库管理指数与养分的关系

对有机碳各组分、碳库管理指数等与土壤养分因子、全盐量、pH 进行相关分析(表 2)。结果表明,有机碳、活性有机碳、非活性有机碳、碳库指数分别与全氮、碱解氮呈极显著正相关关系,与全盐量、pH 呈显著或极显著负相关关系;活性有机碳、碳库指数分别与全钾呈显著和极显著正相关关系;有机碳、活性有机碳均与速效磷呈显著正相关关系;有机碳、活性有机碳、非活性有机碳分别与速效钾呈显著或极显著正相关关系;碳库管理指数只与全氮呈显著正相关关系。由此可见,土壤总有机碳、活性有机碳、非活性有机碳和碳库指数与大多土壤理化性质的改善密切相关。因此,土壤总有机碳、活性有机碳、非活性有机碳和碳库指数可作为研究区次生盐渍化土壤质量改善的评价指标。

3 结论

(1) 次生盐渍化土地种植枸杞后,土壤有机碳、活性有机碳和非活性有机碳含量显著增加,增加量在 0~10 cm 和 60~80 cm 土层最为明显;碳库活度和碳库活度指数有所增加,碳库指数和碳库管理指数明显增加,土壤质量得到改善。土壤总有机碳、活性有机碳、非活性有机碳和碳库指数可作为反映次生盐渍化土壤质量改善的指标。

(2) 随着枸杞种植年限的增加,土壤总有机碳、非活性有机碳、碳库指数持续增加;活性有机碳含量、碳库管理指数在前期明显增加,4~7 a 之后又逐渐降低,这与枸杞植株老化、修剪和土壤有机物料投入等管理措施有关。

(3) 种植枸杞所采取的灌水洗盐、施肥等管理措施以及枸杞植株本身对土壤影响是该区次生盐渍化土壤质量改善的主要原因。种植枸杞的管理措施有不科学之处,施肥结构对该区土壤性质的影响应做进一步研究。

参考文献(References):

[1] 李小刚,崔志军,王琳英. 甘肃景电灌区次生盐化土壤的性质及其发生机理[J]. 土壤通报,2001,32(1):4-10. [Li Xiaogang, Cui Zhijun, Wang Linying. Properties and genetic mechanisms of the secondary salinized soil in Jingtai irrigation area of Gansu Province[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2001, 32(1):4-10.]

[2] 荣井荣,李晨华,王玉刚,等. 长期施肥对绿洲农田土壤有机碳和无机碳的影响[J]. 干旱区研究,2012,29(4):592-597. [Rong Jingrong, Li Chenhua, Wang Yugang, et al. Effect of long-term fertilization on soil organic carbon and soil inorganic carbon in oasis cropland[J]. Arid Zone Research, 2012, 29(4):592-597.]

[3] Janzen H H. The soil carbon dilemma; Shall we hoard it or use it [J]. Soil Biology & Biochemistry, 2006, 38:419-424.

[4] 徐明岗,于荣,王伯仁. 长期不同施肥下红壤活性有机质与碳库管理指数变化[J]. 土壤学报,2006,43(5):723-729. [Xu Minggang, Yu Rong, Wang Boren. Labile organic matter and management index in red soil under long term fertilization [J]. Acta Pedologica Sinica, 2006, 43(5):723-729.]

[5] 曾骏,郭天文,于显枫,等. 长期施肥对土壤活性有机碳和碳库管理指数的影响[J]. 土壤通报,2011,42(4):812-815. [Zeng Jun, Guo Tianwen, Yu Xianfeng, et al. Effect of fertilization on soil active C and C pool management index[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2011, 42(4):812-815.]

[6] 王晶,张仁陟,李爱宗. 耕作方式对土壤活性有机碳和碳库管理指数的影响[J]. 干旱地区农业研究,2008,26(6):8-12. [Wang Jing, Zhang Renzhi, Li Aizong. Effect on soil active carbon and soil C pool management index of different tillages[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2008, 26(6):8-12.]

[7] 戴全厚,刘国彬,薛蕊,等. 侵蚀环境坡耕地改造对土壤活性有机碳与碳库管理指数的影响[J]. 水土保持通报,2008,28(4):17-21. [Dai Quanhou, Liu Guobin, Xue Sha, et al. Impacts of slope cropland rebuilding on soil labile organic matter and carbon management index in the eroded hilly loess plateau[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2008, 28(4):17-21.]

[8] 唐国勇,李昆,孙永玉,等. 土地利用方式对土壤有机碳和碳库管理指数的影响[J]. 林业科学研究,2011,24(6):754-759. [Tang Guoyong, Li Kun, Sun Yongyu, et al. Effects of land uses on soil organic carbon and carbon pool management index[J]. Forest Research, 2011, 24(6):754-759.]

[9] Soon Y K, Arshad M A, Haq A, et al. The influence of 12 years of tillage and crop rotation on total and labile organic carbon in a sandy loam soil[J]. Soil Tillage Research, 2007, 95:38-46.

[10] 薛蕊,刘国彬,潘彦平,等. 黄土丘陵区人工刺槐林土壤活性有机碳与碳库管理指数演变[J]. 中国农业科学,2009,42(4):1458-1464. [Xue Sha, Liu Guobin, Pan Yanping, et al. Evolution of soil labile organic matter and carbon management index in the artificial robinia of loess hilly area [J]. Science Agricultura Sinica, 2009, 42(4):1458-1464.]

[11] 戴全厚,刘国彬,薛蕊,等. 侵蚀环境退耕撂荒地土壤活性有机碳与碳库管理指数演变[J]. 西北林学院学报,2008,23(6):24-28. [Dai Quanhou, Liu Guobin, Xue Sha, et al. Active organic matter and carbon pool management index of soil at the abandoned cropland in erosion environment[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(6):24-28.]

[12] 张贵龙,赵建宁,宋晓龙,等. 施肥对有机碳含量及碳库管理指数的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2012,18(2):359-365. [Zhang Guilong, Zhao Jianing, Song Xiaolong, et al. Effects of fertilization on soil organic carbon and carbon pool management index [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2012, 18(2):359-

365.]
- [13] 慈恩,朱洁,彭娟,等. 垄作免耕对稻田土壤有机碳活性组分和 $\delta^{13}\text{C}$ 的影响[J]. 中国农业科学,2013,46(5):978-986. [Ci En,Zhu Jie,Peng Juan, et al. Active fractions and $\delta^{13}\text{C}$ value of soil organic carbon in paddy fields under ridge-cultivation and no tillage system[J]. Scientia Agricultura Sinica,2013,46(5):978-986.]
- [14] 李银科,刘世增,李发明,等. 景电灌区几种土地利用方式土壤有机碳和养分特征研究[J]. 中国生态农业学报,2010,18(2):267-271. [Li Yinke,Liu Shizeng,Li Faming, et al. Soil organic carbon and nutrient content under different land use patterns in Jingdian irrigation zone [J]. Chinese Journal of Eco-agriculture, 2010,18(2):267-271.]
- [15] 蔡太义,黄耀威,黄会娟,等. 不同年限免耕秸秆覆盖对土壤活性有机碳和碳库管理指数的影响[J]. 生态学杂志,2011,30(9):1962-1968. [Cai Taiyi,Huang Yaowei,Huang Huijuan, et al. Soil labile organic carbon and carbon pool management index as affected by different years no-tilling with straw mulching[J]. Chinese Journal of Ecology,2011,30(9):1962-1968.]
- [16] 王永芳,包慧娟,海春兴,等. 防护林对科尔沁沙地耕地土壤理化性质的影响[J]. 干旱区研究,2012,29(6):1009-1013. [Wang Yongfang, Bao Huijuan, Hai Chunxing, et al. Effects of shelter forest on soil physicochemical properties of farmland in the Horqin sand land[J]. Arid Zone Research,2012,29(6):1009-1013.]
- [17] 王勇辉,马蓓,海米提·依米提. 艾比湖主要补给河流下游河岸带土壤盐分特征[J]. 干旱区研究,2013,30(2):196-202. [Wang Yonghui, Ma bei, Hamid Yimiti. Soil salinity in the riparian zone in lower reaches of the main feeding rivers of the Ebinur lake [J]. Arid Zone Research,2013,30(2):196-202.]
- [18] Whitbread A M, Lefroy R D, Blair G J. A survey of the impact of cropping on soil physical and chemical properties in north-western New South Wales [J]. Australian Journal of Soil Research, 1998, 36:669-681.
- [19] 曾从盛,钟春棋,全川,等. 土地利用变化对闽江河口湿地表层土壤有机碳含量及其活性的影响[J]. 水土保持学报,2008,22(5):125-129. [Zeng Congsheng, Zhong Zhunqi, Tong Chuan, et al. Impacts of LUCC on soil organic carbon contents in wetland of Minjiang river estuary[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2008,22(5):125-129.]

Effects of Medlar Planting on Active Organic Carbon and Carbon Pool Management Index in Secondary Salinized Soil

LI Yin-ke, MA Quan-lin, WANG Yao-lin, SUN Tao, JIN Hu-jia, SONG De-wei, DU Juan

(State Key Laboratory of Desertification and Aeolian Sand Disaster Combating, Gansu Desert Control Research Institute, Lanzhou 730070, Gansu, China)

Abstract: This study explored effects of medlar planting on contents of total organic carbon (TOC), active organic carbon (AOC), non active organic carbon (NAOC), and carbon pool management index (CPMI) in secondary salinized soil and compared those contents against what in abandoned salinized agricultural land. The result showed that the contents of TOC, AOC, and NAOC increased by 41.6%, 46.5% and 51.1%; 57.1%, 57.9%, and 54.4%; and 24.0% and 33.2%, 47.3%, respectively in the soil depth of 0-100 cm after medlar planting for 4, 7 and 11 years. The largest increases appeared at the soil depths of 0-10 cm and 60-80 cm. Carbon pool activity and carbon pool activity index had a little increase, carbon pool index (CPI) and CPMI were significantly increased after medlar planting in secondary salinized soil. The soil quality was improved effectively. Correlation analysis showed that the soil fertility improvement and the decrease of soil salinization were closely related to TOC, AOC, NAOC and CPI. The four indices could be used as the indicators to reflect the soil quality improvement of secondary salinized soil.

Key words: medlar; secondary salinized soil; active organic carbon; carbon pool management index