

不同年限土地整治土壤碳分布特征

曹婷婷^{1,2,3,4}, 孙婴婴^{1,2,3,4}, 王欢元^{1,2,3,4}, 杜宜春^{1,2,3,4}

(1. 陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 西安 710075; 2. 陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 西安 710075; 3. 自然资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室, 西安 710075; 4. 陕西省土地整治工程技术研究中心, 西安 710075)

摘 要:为明晰土地整治年限对土壤碳固持的影响,进一步探索土地整治工程对土壤质量及碳吸收与存储的影响规律,以陕西省已开展沙地、盐碱地、废弃宅基地 3 类土地整治项目为例开展本研究,结果表明:风沙地整治能有效增加土壤碳含量,碳密度和碳含量的变化较为一致,在整治初期因工程措施的扰动,风沙地表层有机碳降低,但因作物收获需求表层无机碳增高,随着种植年限的增长,整治后 6 年,沙地总碳、有机碳、无机碳密度则比整治前和整治 2 年后都呈显著上升趋势,各土层增幅都在 30% 以上;废弃宅基地整治前土壤质量较好,整治前后土壤碳含量的变化不显著,但随着种植年限的延长,整治 7 年后,总碳密度在 0—10, 10—20 cm 处分别增高 40%, 34%;有机碳密度在 0—10 cm, 10—20 cm 处分别增高 83%, 53%,碳储量随整治年限逐渐增加;盐碱地整治后表层覆沙中富含碳酸盐,随着碳酸盐向深层淋溶,深层无机碳增加,随着种植年限的增加,表层无机碳含量显著增加,剖面无机碳储量也显著增加,有机碳储量波动不大,总碳储量显著增高。风沙地、废弃宅基地、盐碱地整治对于土壤碳固持能力都有一定改善作用,且这种作用在作物种植与工程措施实施两方面的综合效应下,会随着整治年限的延长,更加明显。

关键词:土地整治;不同整治年限;碳固持

中图分类号:F301; S153

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2019)02-0086-07

Effects of Different Land Renovation Years on Soil Carbon Fixation

CAO Tingting^{1,2,3,4}, SUN Yingying^{1,2,3,4}, WANG Huanyuan^{1,2,3,4}, DU Yichun^{1,2,3,4}

(1. Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an 710075, China; 2. Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an 710075, China; 3. Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, Ministry of Natural Resources, Xi'an 710075, China; 4. Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an 710075, China)

Abstract: In order to analyze the impact of land consolidation on soil carbon sequestration and further explore the impact of land remediation projects on soil quality and carbon sequestration and storage, we took three types of land remediation projects such as sandy land, saline-alkaline land and abandoned housing sites as the examples. The results of this study showed that the improvement of soil carbon content in windy sandy land remediation could effectively increase the carbon density and carbon content. In the initial stage of remediation, due to disturbance of engineering measures, the organic carbon in the surface layer of sandy land decreased; but due to the crop harvesting demand, surface inorganic carbon increased with the increase in the number of years of cultivation, the total carbon, organic carbon, and inorganic carbon density in the sandy land were significantly higher than those before the remediation and two years after the remediation, and the growth of all soil layers was more than 30%. The quality of soil before treatment of abandoned housing plots was good, and the soil carbon content did not change significantly before and after remediation, but with the extension of planting years, the total carbon density increased by 40% in 0—10 cm layer and 34% in 10—20 cm layer after 7 years of remediation; organic carbon density increased by 83% and 53% in 0—10 cm layer and 10—20 cm layer, respectively, and carbon storage gradually increased with the years of remediation;

收稿日期:2018-04-02

修回日期:2018-04-20

资助项目:陕西省土地工程建设集团内部科研项目“渭北台塬区新增耕地土壤固碳潜力研究”(DJNY2017-20)

第一作者:曹婷婷(1990—),女,陕西咸阳人,硕士,工程师,主要从事土地工程技术开发研究。E-mail:caotingtingbeyond@163.com

通信作者:孙婴婴(1987—),女,山东德州人,博士,工程师,主要从事退化及未利用土地整治技术研发与应用研究。E-mail:956874403@qq.com

carbon enrichment in surface sedimentation after saline-alkali soil remediation salts, as carbonates leached towards the deeper layers, inorganic carbons increased in deeper layers. With the increase of planting years, the surface inorganic carbon content increased significantly, the profile inorganic carbon reserves also increased significantly, the organic carbon reserves fluctuated little, and the total carbon reserves significantly increased. The wind-sand, abandoned homestead, and saline-alkali land remediation have a certain improvement effect on soil carbon retentive capacity, and the effect will be more obvious with the extension of the remediation period under the combined effects of crop planting and engineering measures.

Keywords: land remediation; different remediation period; carbon fixation

土地整理项目通过一系列生物、工程或综合措施对土地资源按照土地利用规划进行整治,这一过程不可避免地影响该区域碳平衡^[1]。农田土壤有机碳(SOC)是全球土地系统极其重要的碳库,提升农田土壤固碳能力不仅是增加土壤肥力和农业综合生产能力的需要,也是减小温室气体,控制全球温室效应的关键^[2]。近几年,中国大范围开展土地整治工程以保障我国粮食安全,随着经济的发展,各省份土地增减挂钩政策实施后,土地整治的市场需求也日益加大^[3-5]。为了兼顾经济发展与全球大气候稳定的平衡,土地整治对土壤碳库的影响逐渐成为学者关注的热点。土地整治通过改变土壤结构、肥力及生物特性,导致土壤碳库的输入、输出特征都发生变化,从而间接对土壤碳储量产生影响^[6-8]。有研究表明,合理的土地整治措施可将土壤表层有机碳固碳量提高4%~27%^[9],但由于各地区自然条件和人类干扰活动的不同,土地利用方式及其变化对土壤碳库的影响和作用存在较为明显的区域差异,土壤碳库表现出复杂的时空变化,导致已有研究结果出现较大差异^[10-13]。有研究表明土地整治通过直接影响土壤的理化性质及相关生态过程,间接地对土壤有机碳含量

产生影响,该影响可能为正向或负向效应^[14-18],土地利用方式的改变对土壤有机碳密度影响明显。

沙地、盐碱地、废弃宅基地是土地整治对象中重要的土地利用类型,将这类低效利用或未利用土地整治为有效耕地,在对耕地的数量进行有效补充的同时,经过作物种植培育,是否会对土地质量有提升,是否会对土壤碳库产生影响,并以点带面对大区域内土壤的碳循环产生影响,有待于系统探索。对此,本研究以不同土地整治年限的沙地、盐碱地、废弃宅基地为研究对象,以土壤碳含量和碳密度为主要指标,分析不同整治年限后土壤碳固持的演变规律,进一步探析土地整治年限对不同土地整治类型碳效益影响效果。

1 材料与方法

1.1 土地整治工程概况

本研究选取陕西省境内沙地、盐碱地、废弃宅基地的不同整治类型项目,以分析土地整治后经不同种植年限的培育,对土壤碳固持能力的影响。所选择的3种土地整治类型、6个项目区,都通过土地整治技术的实施,满足了作物生长基本要求,进行了不同年限的农用地耕种(表1)。

表 1 样地概况

整治类型	整治前土壤质地类型	土地整治项目地点	整治前土地问题	技术手段	栽培作物	竣工时间	整治后耕种年限/a
风沙地整治	砂质土	榆林市神木县锦界镇	结构松散、保水保肥能力差、难以满足植物生长要求	砒砂岩与沙复配成土	马铃薯	2014 年	2
		榆林市榆阳区大纪汗村				2010 年	6
废弃宅基地整治	中壤土	渭南市澄城县尧头镇	废弃的土窑洞、土坯房屋等建筑物占地,拆除后生土结构性较差	宅基地拆除与土壤快速熟化	小麦/玉米	2013 年	3
		渭南市澄城县安里乡				2009 年	7
盐碱地整治	轻壤	榆林市定边县白土岗子	地势低洼、地下水位偏高、水渍和盐渍危害较重,土层板结	明沟排水抑盐、地面铺沙压盐	糜子/玉米	2014 年	2
		榆林市定边县王滩子村				2012 年	4

1.2 样品采集与分析

1.2.1 样品采集与测定 以空间代时间的方法,于2016 年 10 月,分别在每个项目地域内选择已整治和

未整治的样地各 3 块,作为重复,并在每样地沿对角线随机选取 5 个点,用土钻按照 0—10,10—20,20—40,40—60,60—80,80—100 cm 逐层采集土壤剖面

样品,将5个样点的同土层样品混合后按照四分法预留土样约1 kg。样品经风干研磨,通过2 mm筛孔后贮存。采用总有机碳分析仪(Multi N/C 3100)进行土壤总碳含量和总有机碳含量的测定,其差值为无机碳含量。同时采用挖掘剖面的方法,用环刀法测定相应土层土壤容重。

1.2.2 土壤碳密度计算 土壤碳密度是指单位面积一定深度土层中土壤碳的绝对储量,是评价和衡量不同处理土壤中碳固定量的重要指标。依据土壤碳类型,土壤碳密度分为总碳密度、总有机碳密度和总无机碳密度3个指标。以土壤有机碳密度为例,某一土层土壤有机碳的密度(SOC_i , t/hm^2)计算如下:

$$SOC_i = C_i \times D_i \times E_i \times (1 - G_i) / 10 \quad (1)$$

若测定的土壤剖面范围由 m 个土层组成($m=6$),该剖面土壤总有机碳密度(SOC_i , t/hm^2)计算公式如下:

$$SOC_i = \sum_{i=1}^m C_i \times D_i \times E_i \times (1 - G_i) / 10 \quad (2)$$

式中: i 为土层代号; C_i 为 i 层土壤有机碳含量(g/kg); D_i 为 i 层土壤容重(g/cm^3); E_i 为 i 土层的厚度(cm); G_i 为 i 层内直径 >2 mm 石砾所占的体积百分比(%)。

1.3 数据统计分析与绘图

采用 SPSS 16.0 进行数据处理,并进行显著性差异分析,用 Origin 9.0 进行绘图。

2 结果与分析

2.1 沙地土地整治后土壤剖面碳库分布特征

经过分析榆林市不同年限风沙地整治前后 0—100 cm 剖面上土壤总碳、有机碳、无机碳含量(图 1),可知:与整治前相比,沙地整治 2 a 后在 0—100 cm 剖面上土壤总碳、有机碳、无机碳含量均无显著差异,其中 0—10, 10—20 cm 有机碳分别降低 16%, 21%, 而 10—20 cm 无机碳增高了 103%。与整治 2 a 的土壤碳固持数据相比,整治 6 a 后沙地总碳含量则显著增高,其中以在 0—10, 10—20, 20—40, 40—60 cm 处趋势最为显著,分别增高了 124%, 163%, 135%, 107%;各土层有机碳均呈显著增高趋势,增幅为 50%~70%,且增幅随土层加深无明显规律;无机碳与有机碳趋势相似,但各层增幅达到 4 倍以上,其中 40—60 cm 土层增幅更是高达 898%。

根据不同年限风沙地整治前后 0—100 cm 剖面上土壤总碳密度、有机碳密度、无机碳密度数据结果(表 2);与整治前相比,沙地整治 2 a 后土壤表层 0—20 cm 总碳密度、总有机碳密度显著降低,无机碳密度在土壤剖面各层有增有减,其中 0—10, 10—20 cm

处总碳密度分别降低 31%, 17%, 有机碳密度分别降低 31%, 29%;整治后 6 a, 风沙地总碳、有机碳、无机碳密度则比整治前和整治 2 a 后都呈显著上升趋势,各土层增幅都在 30% 以上,其中无机碳密度在 0—10, 10—20, 20—40, 40—60, 60—80, 80—100 cm 处分别增高 427%, 996%, 789%, 402%, 653%, 635%, 增幅最为显著($p < 0.05$)。从 0—100 cm 深度内碳的总密度上看,与整治前相比,风沙地在整治 2 a 后碳储量不升反降,但整治 6 a 后碳储量则显著增高。

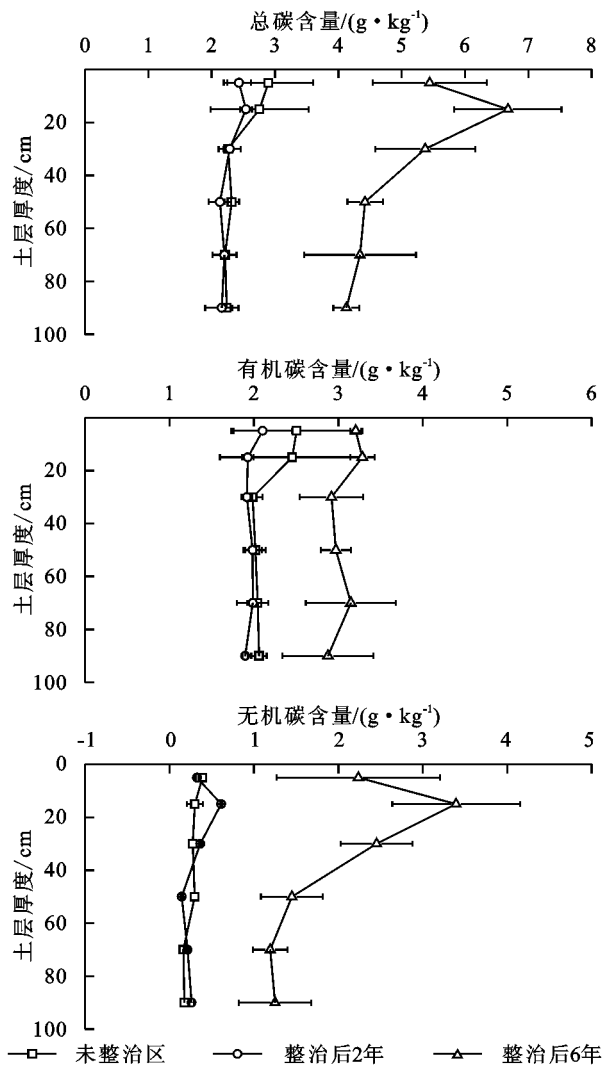


图1 榆林风沙地土壤剖面总碳、有机碳、无机碳含量变化

2.2 废弃宅基地土地整治后土壤剖面碳库分布特征

不同年限废弃宅基地整治前后 0—100 cm 剖面上土壤总碳、有机碳、无机碳含量如图 2 所示,经分析:与整治前相比,废弃宅基地整治 3 a 后在 0—100 cm 剖面上土壤总碳含量无显著差异($p < 0.05$);有机碳在 10—20, 20—40, 40—60, 60—80 cm 各层内都有小幅度提升,分别增高了 16%, 31%, 38%, 28%;无机碳在 0—100 cm 剖面上各层均有所降低但差异不显著。与整治前和整治 3 a 后相比,废弃宅基地整治 7 a 后总碳含量在 0—100 cm

剖面上土壤总碳含量无显著差异;有机碳在 0—10,10—20,20—40 cm 处比整治后 3 a 分别提升了 34%,15%,8%;无机碳含量在 20—40 cm 处降低 18%,其余各层无机碳含量均有小幅降低。

表 2 榆林市榆阳区风沙地土壤剖面碳密度变化 t/hm²

项 目	整治年限	剖面碳密度						剖面碳储量
		0—10 cm	10—20 cm	20—40 cm	40—60 cm	60—80 cm	80—100 cm	
总碳密度	未整治区	4.65±0.13b	4.39±0.23b	7.18±0.24b	7.29±0.37b	6.78±0.20b	6.88±0.26b	37.16±0.57b
	整治后 2 a	3.18±0.25c	3.65±0.13c	7.05±0.54b	7.08±0.59b	6.98±0.61b	6.83±0.83b	34.76±0.49c
	整治后 6 a	8.03±0.28a	10.36±0.42a	17.06±0.56a	14.41±0.41a	13.95±0.28a	13.17±0.38a	76.99±0.39a
有机碳密度	未整治区	4.02±0.25a	3.91±0.36b	6.30±0.37b	6.35±0.39b	6.27±0.38b	6.33±0.28b	33.18±0.67b
	整治后 2 a	2.75±0.46b	2.77±0.10c	5.92±0.20b	6.90±0.37b	6.29±0.59b	5.99±0.11b	30.33±0.30b
	整治后 6 a	4.73±0.10a	5.10±0.22a	9.27±0.19a	9.69±0.58a	10.12±0.72a	9.18±0.72a	48.08±0.92a
无机碳密度	未整治区	0.63±0.02b	0.48±0.01c	0.88±0.05b	0.94±0.07b	0.51±0.03b	0.54±0.04c	3.98±0.41b
	整治后 2 a	0.43±0.02c	0.88±0.09b	1.13±0.03b	0.48±0.03c	0.68±0.03b	0.83±0.08b	4.44±0.37b
	整治后 6 a	3.30±0.29a	5.27±0.42a	7.79±0.45a	4.73±0.44a	3.84±0.38a	3.99±0.45a	28.91±4.10a

注:不同小写字母表示同一土层深度的相同指标在不同整治年限间 $p<0.05$ 水平上差异显著,下表同。

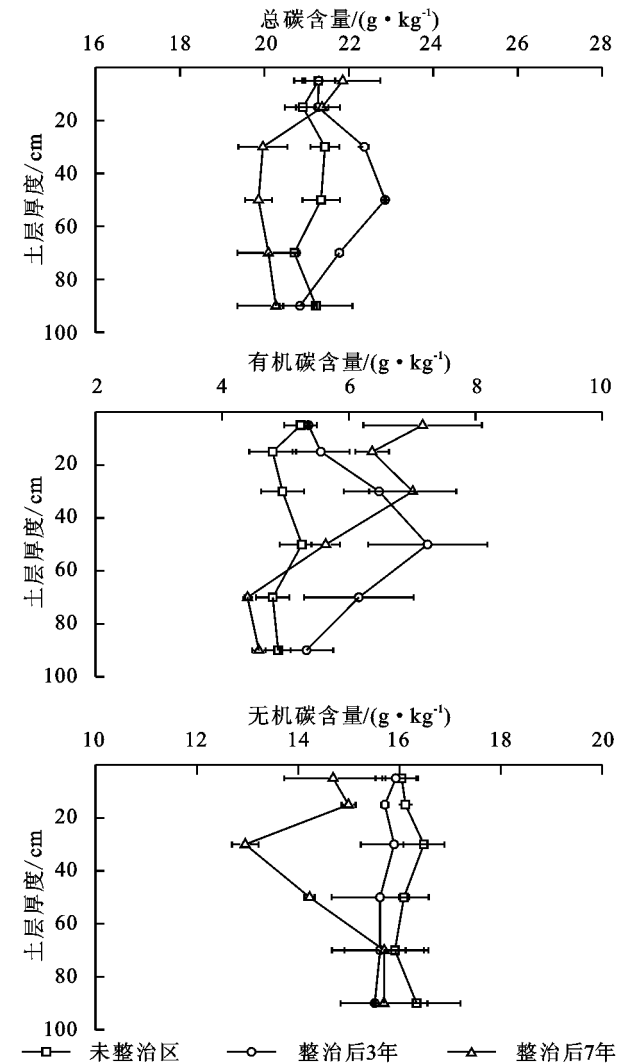


图 2 渭南澄县废弃宅基地土壤剖面总碳、有机碳、无机碳含量变化

根据不同年限废弃宅基地整治前后 0—100 cm 剖面上土壤总碳密度、有机碳密度、无机碳密度数据(表 3),整治 3 a 后土壤总碳密度的变化与土壤碳含

量的变化规律一致。与整治前相比,废弃宅基地整治 3 a 后土壤总碳密度无显著差异($p<0.05$),有机碳密度总体呈上升趋势,在 10—20,20—40,40—60,60—80 cm 处分别增高 17%,31%,38%,28%,无机碳密度在各层均有降低但差异不显著($p<0.05$);整治 7 a 后总碳密度较整治 3 a 后均有进一步提升,总碳密度在 0—10,10—20 cm 处分别增高 40%,34%;有机碳密度在 0—10,10—20 cm 处分别增高 83%,53%;无机碳密度在各层增减不一,均无显著差异。

2.3 盐碱地土地整治后土壤剖面碳库分布特征

不同年限盐碱地整治前后 0—100 cm 剖面上土壤总碳、有机碳、无机碳含量如图 3 所示,与整治前相比,盐碱地整治 2 a 后土壤剖面总碳含量呈表层降低、中深层上升趋势,在 0—10,10—20 cm 降幅分别达到 63%,47%;有机碳含量呈表层和深层降低,中层增高趋势,其中 10—20,20—40,40—60 cm 处分别增加了 41%,42%,35%;无机碳含量同样呈表层降低、中深层增高趋势。盐碱地整治 4 a 后,土壤剖面总碳、有机碳、无机碳含量整体趋势与整治 2 a 后趋势较为一致,但其表层总碳、有机碳和无机碳含量有一定幅度的回升,其中 0—10,10—20 cm 的总碳含量较整治 2 a 后分别增加了 104%,39%,0—10 cm 有机碳含量增加了 4%,0—10,10—20 cm 无机碳含量则分别增加了 178%,79%。

根据不同年限盐碱地整治前后 0—100 cm 剖面上土壤总碳密度、有机碳密度、无机碳密度(表 4),盐碱地整治后 2,4 a 碳密度的变化趋势与碳含量的变化趋势基本一致。随整治年限增加,总碳、无机碳在剖面上均呈表层先降后升趋势,在深层则有持续增高趋势。其中,盐碱地整治 2 a 后,总碳密度在 0—10,10—20 cm 分别降低 61%,46%,而整治 4 a 后,总碳

密度在这两层内较整治 2 a 分别回升 130%,40%。低 12%,而整治 4 a 后,无机碳密度在这两层内较整治 2 a 后分别回升 214%,80%。

表 3 渭南澄县废弃宅基地土壤剖面碳密度变化 t/hm²

项 目	整治年限	剖面碳密度						剖面碳储量
		0—10 cm	10—20 cm	20—40 cm	40—60 cm	60—80 cm	80—100 cm	
总碳密度	未整治区	26.06±0.70b	27.56±0.57b	58.47±0.94a	53.98±1.12a	53.48±0.24b	64.38±2.63a	283.93±1.03b
	整治后 3 a	25.55±0.46b	28.37±0.69b	61.02±0.26a	57.82±0.05a	56.24±0.22ab	63.24±1.22a	292.24±0.48ab
	整治后 7 a	35.71±0.39a	38.09±0.27a	52.16±0.51a	48.74±0.79a	63.65±2.34a	62.75±2.81a	301.11±1.80a
有机碳密度	未整治区	6.41±0.31b	6.32±0.49b	13.51±0.93a	13.30±0.88b	12.39±0.68a	14.82±0.61a	66.76±0.65b
	整治后 3 a	6.44±0.02b	7.41±0.60b	17.67±1.52a	18.32±0.23a	15.90±0.48a	16.17±0.28a	81.92±1.77a
	整治后 7 a	11.71±0.53a	11.36±0.48a	18.31±0.79a	13.83±0.56b	13.94±0.14a	14.17±0.33a	83.32±0.80a
无机碳密度	未整治区	19.64±0.39b	21.24±0.10b	44.95±1.10a	40.69±0.25a	41.09±0.55b	49.56±2.63a	217.17±0.84a
	整治后 3 a	19.11±0.48b	20.95±0.09b	43.35±1.79a	39.50±0.43a	40.34±0.50b	47.07±0.07a	210.32±1.65a
	整治后 7 a	24.00±0.58a	26.73±0.25a	33.85±0.33b	34.91±0.25b	49.72±2.48a	48.57±0.66a	217.79±1.75a

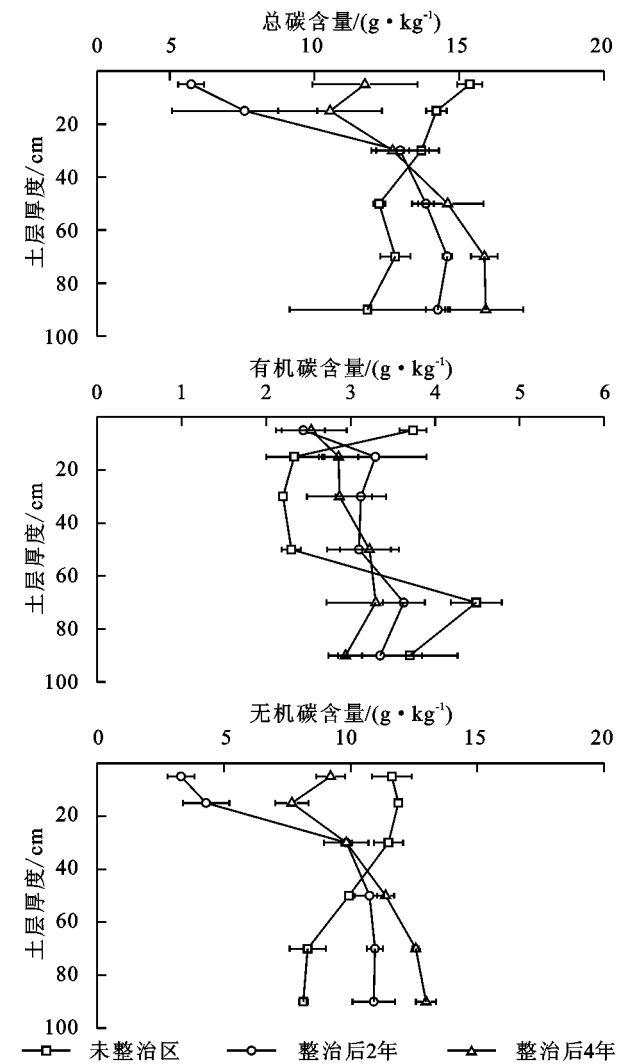


图 3 盐碱地土壤剖面总碳、有机碳、无机碳含量变化

3 讨论

3.1 土地整治对沙地土壤剖面碳库的影响分析

风沙地的整治能有效增加土壤碳含量。风沙地整治前土壤属砂质土,整治后属砂壤土,土壤容重变

化不大,因此土壤剖面碳密度与碳含量的变化趋势较为一致。整治初期引入砒砂岩,利用其中的无机胶体与沙复配,使之初步具备种植条件^[19]。在实施土地整治工程 2 a 后,因为施工中工程措施的扰动,风沙地表层土壤碳库中的有机碳会降低,而表层无机碳则会因为工程措施及作物收获需求带入而增高。但其主栽作物马铃薯产量低、根系纵向生长不明显,这是无机碳在 20 cm 以下土层变化不显著的原因之一^[20]。整治 6 a 后作物根系延伸的缓慢作用下,根系分泌物和根系残留物逐年积累,促使土壤微生物数量递增^[21-24],因而促使了沙地土壤有机碳的持续提升。尽管砒砂岩与沙复配的土层厚度仅为 30 cm,但由于作物根系的延伸作用,实现了 0—100 cm 土壤碳含量和碳密度的显著增加。这一过程体现了沙地从固有的母质属性向微弱的成土和成壤过程转变^[25]。

3.2 土地整治对废弃宅基地土壤剖面碳库的影响分析

废弃宅基地取样地位于旱塬地区,该地废弃宅基地旧址选址范围广,早期人类根据传统经验选择土壤质量优良的区域定居^[26-28],这也导致土地整治前,废弃宅基地的土壤质量相对较好,野生植被较多,因此整治前后土壤碳含量差异较小。但由于容重变化程度大于碳含量变化程度,所以整治 7 a 后碳含量尽管无显著增加,但碳储量有上升趋势。同时,10—40 cm 土层作为作物根系主要分布土层,根系分泌物和残留物的累积,可能是该深度内有机碳随整治年限增加而增加的主要原因。但旱塬地区降雨量相对较高,土壤中淋溶作用更为明显,加之根系呼吸作用导致该层土壤空气中积累了高浓度的 CO₂,促使难溶性无机碳酸转变为易溶性的碳酸盐而极易迁移,这导致土壤剖面无机碳含量出现不同程度减少的现象,且整治后年限越长、耕作作用越

明显,无机碳含量下降幅度越大^[29]。此外,随着整治年限的增加,容重变化程度大于碳含量变化程度,因此此废弃宅基地剖面碳含量较为稳定,但碳储量却随整治年限增加有一定增加趋势。

表 4 盐碱地土壤剖面碳密度变化 t/hm²

项 目	整治年限	剖面碳密度						剖面碳储量
		0—10 cm	10—20 cm	20—40 cm	40—60 cm	60—80 cm	80—100 cm	
总碳密度	未整治区	21.01±0.59a	21.36±0.53a	40.87±0.18a	37.19±0.63b	41.24±0.66c	39.16±0.89b	200.82±2.35b
	整治后 2 a	8.13±0.63c	11.61±0.38c	41.33±0.31a	45.66±0.90a	47.34±0.55b	49.76±1.45a	203.82±1.76b
	整治后 4 a	18.71±0.29b	16.26±0.27b	42.25±1.88a	45.66±0.38a	51.03±1.49a	46.38±3.80a	220.29±2.78a
有机碳密度	未整治区	5.11±0.58a	3.50±0.50c	6.57±0.10b	6.99±0.34b	14.47±0.42a	12.25±0.51a	48.89±1.98b
	整治后 2 a	3.45±0.36c	5.04±0.24aa	9.95±0.96a	10.22±1.24a	11.78±0.40b	11.69±0.52a	52.13±2.38a
	整治后 4 a	4.03±0.67b	4.41±0.36bb	9.54±0.28a	10.08±1.09a	10.60±1.87b	8.57±0.58b	47.23±0.98b
无机碳密度	未整治区	15.90±0.18a	17.86±0.09a	34.30±1.71a	30.20±0.30b	26.77±0.52c	26.91±0.71b	151.94±0.26b
	整治后 2 a	4.68±0.76b	6.57±0.14c	31.37±1.88a	35.44±1.91a	35.56±1.29b	38.07±2.43a	151.69±3.11b
	整治后 4 a	14.67±0.49a	11.85±0.55b	32.71±0.92a	35.58±1.41a	40.43±0.39a	37.82±1.06a	173.05±2.77a

3.3 土地整治对盐碱地土壤剖面碳库的影响分析

盐碱地整治能有效增加深层土层的碳含量,但表层碳含量则可能出现降低现象。由于本研究中盐碱地整治中地面覆有一定富含碳酸盐的细沙量,受灌溉等措施影响,碳酸盐向深层淋溶,因此深层碳含量尤其是无机碳含量有增加趋势,且随着整治年限延长增幅更加显著,而表层碳含量则在整治后耕种初期呈现下降趋势。随着整治后耕种年限增加,盐碱地土壤逐步熟化,植物根系与土壤共同营造的土壤生态环境质量得到一定提升,覆沙向下运移作用减弱,土壤剖面总碳和无机碳的碳储量增幅增加,整治初期表层下降的碳储量也随之回升^[31]。耕地在促进有机矿物质形成的同时,还会影响土壤有机碳在土壤不同深度的重新分配^[32]。因此盐碱地整治对土壤碳库的影响在初期会因为工程措施扰动使得土壤碳储量降低或者无显著变化,但经多年种植后,整治后项目区对土壤碳库有显著贡献。

4 结 论

土地整治工程作为能有效优化土地利用的重要手段,其实施对于土壤碳固持的定性、定量影响都有待系统分析。本研究结果表明,因土壤基本性质和工程实施技术的差异,不同类型土地整治对于土壤碳固持特征的影响不尽相同,随土地整治年限的增加,土壤碳固持的变化趋势也各不相同。整体而言,风沙地、废弃宅基地、盐碱地整治对于土壤碳固持能力都有一定改善作用,且这种作用在作物种植与工程措施实施两方面的综合效应下,会随着整治年限的延长,而更加明显。

(1) 由于砒砂岩中黏粒等胶结性物质对于风沙土团聚能力的有效改善,加上土壤剖面上作物根系分泌物和残留物逐年积累,使得复配土碳固持能力显著提升,因此砒砂岩与沙复配成土技术有效提升了风沙土中碳含量和碳密度,增强风沙地的碳汇功能,且碳储量增幅随整治后种植年限增加而增加。而且由于干旱地区作物根系较深,促使这种固碳效应深入到了 0—100 cm 深度的风沙地中、深层土层,实现了良好的生态效益。

(2) 废弃宅基地整治前土壤基本条件相对较好,因此随整治年限增加,土壤整体碳固持能力尤其是碳含量差异不明显。但由于旱塬地区 0—40 cm 土层湿度相对稳定,整治后作为作物根系主要分布土层,作物根系呼吸使该层土壤空气中积累高浓度的 CO₂,因此随着整治年限的增加能适量增加表层有机碳含量。此外,随着整治年限的增加,容重变化程度大于碳含量变化程度,因此废弃宅基地剖面碳含量较为稳定,但碳储量却随整治年限增加有一定增加趋势。

(3) 盐碱地整治过程中,因为表层覆沙作用促进无机碳向下运移,因此整治初期土壤表层无机碳降低,深层无机碳增加。但随着整治年限的持续增加,土壤持续改良,表层无机碳有所回升,剖面无机碳储量显著增加,总储量显著增高。

参考文献:

[1] 王媛玲,赵庚星,李占军. 土地整理效益项目后综合评价方法[J]. 农业工程学报, 2006, 22(4): 68-71.

[2] 石小霞,赵诣,张琳,等. 华北平原不同农田管理措施对于土壤碳库的影响[J]. 环境科学, 2017, 38(1): 301-308.

[3] 贺美,王迎春,王立刚,等. 应用 DNDC 模型分析东北黑土有机碳演变规律及其与作物产量之间的协同关系

- [J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(1): 9-19.
- [4] 邓彩云, 王玉刚, 牛子儒, 等. 开垦年限对干旱区土壤理化性质及剖面无机碳的影响[J]. 水土保持学报, 2017, 31(1): 254-259.
- [5] Han J, Xie J, Zhang Y. Potential role of feldspathic sandstone as a natural water retaining agent in Mu Us Sandy Land, Northwest China [J]. Chinese Geographical Science, 2012, 22(5): 550-555.
- [6] 韩可欣, 禹朴家, 韩东亮, 等. 开垦年限对松嫩碱化草地土壤碳库的影响[J]. 土壤通报, 2017(1): 127-133.
- [7] 陈永乐, 张志山, 赵洋. 人工固沙区土壤碳分布及其与土壤属性的关系[J]. 中国沙漠, 2017, 37(2): 296-304.
- [8] 贺美, 王立刚, 朱平, 等. 长期定位施肥下黑土碳排放特征及其碳库组分与酶活性变化[J]. 生态学报, 2017, 37(19): 6379-6389.
- [9] 丁金枝, 来利明, 赵学春, 等. 荒漠化对毛乌素沙地土壤呼吸及生态系统碳固持的影响[J]. 生态学报, 2011, 31(6): 1594-1603.
- [10] Chen G, Zhu H, Zhang Y. Soil microbial activities and carbon and nitrogen fixation[J]. Research in Microbiology, 2003, 154(6): 393-398.
- [11] Huang R Z. Ecological rehabilitation measures and their carbon fixation effect on degraded red soil ecosystem in South China[J]. Advanced Materials Research, 2012, 531: 370-374.
- [12] 王清奎. 碳输入方式对森林土壤碳库和碳循环的影响研究进展[J]. 应用生态学报, 2011, 22(4): 1075-1081.
- [13] 许乃政, 刘红樱, 魏峰. 土壤碳库及其变化研究进展[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(2): 1-5.
- [14] 何念鹏, 韩兴国, 于贵瑞. 长期封育对不同类型草地碳贮量及其固持速率的影响[J]. 生态学报, 2011, 31(15): 4270-4276.
- [15] 谭梦, 黄贤金, 钟太洋, 等. 土地整理对农田土壤碳含量的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(8): 324-329.
- [16] 杨忠芳, 夏学齐, 余涛, 等. 内蒙古中北部土壤碳库构成及其影响因素[J]. 地学前缘, 2011, 18(6): 1-10.
- [17] 张涛, 李永夫, 姜培坤, 等. 土地利用变化影响土壤碳库特征与土壤呼吸研究综述[J]. 浙江农林大学学报, 2013, 30(3): 428-437.
- [18] 周丽, 王玉刚, 李彦, 等. 盐碱荒地开垦年限对表层土壤盐分的影响[J]. 干旱区地理, 2013, 36(2): 285-291.
- [19] 王苑, 宋新山, 王君, 等. 干湿交替对土壤碳库和有机碳矿化的影响[J]. 土壤学报, 2014(2): 342-350.
- [20] 罗毅. 干旱区绿洲滴灌对土壤盐碱化的长期影响[J]. 中国科学: 地球科学, 2014(8): 1679-1688.
- [21] 张旭博, 孙楠, 徐明岗, 等. 全球气候变化下中国农田土壤碳库未来变化[J]. 中国农业科学, 2014, 47(23): 4648-4657.
- [22] 郭晶晶, 夏学齐, 杨忠芳, 等. 长江流域典型区域土壤碳库变化及其影响因素[J]. 地学前缘, 2015, 22(6): 241-250.
- [23] 何念鹏, 韩兴国, 于贵瑞. 内蒙古放牧草地土壤碳固持速率和潜力[J]. 生态学报, 2012, 32(3): 844-851.
- [24] 丁雪丽, 韩晓增, 乔云发, 等. 农田土壤有机碳固持的主要影响因素及其稳定机制[J]. 土壤通报, 2012, 43(3): 737-744.
- [25] 王晖. 南亚热带4种人工林土壤碳固持及其主要相关过程研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2010.
- [26] 顾伟, 李志安, 邹碧, 等. 华南热带人工林土壤有机碳含量及其稳定性特征[J]. 热带亚热带植物学报, 2007, 15(5): 369-376.
- [27] 张林. 荒漠草原土壤有机碳向土壤无机碳酸盐转移的定性定量研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2010.
- [28] 张庶, 金晓斌, 杨绪红, 等. 农用地整治项目的碳效应分析与核算研究[J]. 资源科学, 2016, 38(1): 93-101.
- [29] 纪永福. 地面覆盖对盐渍土盐分和水分影响的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2000.
- [30] Bharali A, Baruah K K, Gogoi N. Methane emission from irrigated rice ecosystem: relationship with carbon fixation, partitioning and soil carbon storage[J]. Paddy and Water Environment, 2017, 15(2): 221-236.
- [31] Swanepoel P A, Botha P R, Truter W F, et al. The effect of soil carbon on symbiotic nitrogen fixation and symbiotic Rhizobium populations in soil with Trifolium repens as host plant[J]. African Journal of Range & Forage Science, 2011, 28(3): 121-127.
- [32] 梁颖, 耿槟, 鲍海君. 生态型土地整治工程对土壤固碳能力的影响研究[J]. 上海国土资源, 2016, 37(2): 5-8.