

# 不同恢复阶段人工沙棘林土壤腐殖质组成及性质

王鑫, 王金成, 刘建新

(陇东学院 甘肃省高校陇东生物资源保护与利用省级重点实验室, 甘肃 庆阳 745000)

**摘要:** 以陇东黄土高原沟壑区人工沙棘林根际土壤为研究对象, 研究了不同恢复阶段近熟期沙棘林土壤的腐殖质组成、结合形态及胡敏酸的光学性质。结果表明, 不同恢复年限人工沙棘林下土壤腐殖质各组分有机碳含量为: 胡敏素(HM) > 胡敏酸(HA) > 富里酸(FA); PQ 值(可提取腐殖质中 HA 的比例)表现为: CK > 7 a > 10 a > 15 a, 且不同恢复年限各层土壤的 PQ 均大于 52%;  $E_4/E_6$  和  $\Delta\lg K$ (色调系数)的值: 15 a > 10 a > CK > 7 a; RF 值(相对色度)与  $E_4/E_6$  和  $\Delta\lg K$  的变化趋势相同, 即 15 a > 10 a > 7 a > CK。恢复 15 a 后, 各层土壤有机碳的腐殖化程度比 10, 7 a 和 CK 显著降低, 说明随着恢复年限的增加, 土壤的腐殖化程度趋向简单, 土壤胡敏酸的氧化稳定性下降, 且不利于土壤的肥力发展。因此, 在利用人工沙棘林进行水土保持和恢复提高土壤综合肥力超过 15 a 时, 应及时更新。

**关键词:** 人工沙棘林; 恢复阶段; 腐殖质; 胡敏酸; 光学性质

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)05-0049-06

中图分类号: S153.62

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.05.017

## Composition and Properties of Soil Humus in Different Recovery Stages of Artificial Seabuckthorn Forest

WANG Xin, WANG Jin-cheng, LIU Jian-xin

(Key Laboratory of Gansu Provincial University for Protection and Utilization of Longdong Bio-resources, Longdong University, Qingyang, Gansu 745000, China)

**Abstract:** Taking the rhizosphere soil of artificial seabuckthorn forest in loess hill and gully region of Eastern Gansu Province as experiment objects, the soil humus composition and combined form and optical properties of humic acid in different recovery stages of artificial seabuckthorn forest were investigated. The results showed that the organic carbon content in humin(HM) > humic acid(HA) > fulvic acid(FA) in different years, meanwhile, PQ(proportion of HA) of CK > the soil of artificial seabuckthorn forest of 7 years old > in 2001 soil of artificial seabuckthorn forest of 10 years > the soil of artificial seabuckthorn forest in 1995, and all the PQ were more than 52% at each layer of the artificial seabuckthorn forest soil of 15 years old. The value of  $E_4/E_6$  and hue coefficient ( $\Delta\lg K$ ) demonstrated that: 15 years > 10 years > CK > 7 years; the humification degree of soil of 15 years was significantly higher than that of 10 years, CK and 7 years, which demonstrated that, along with recovery time, humification degree of soil trend to simple, and the oxidation stability of soil humic acid decreased. Meanwhile, it was adversed to the advancement of soil fertility. Therefore, artificial seabuckthorn forests should be regenerated when it was planted more than 15 years to prevent soil erosion and improve soil fertility.

**Keywords:** artificial seabuckthorn forest; recovery stages; humus; humic acid; optical characteristics

腐殖质是有机物质经过微生物分解和再合成的一类组成和结构相对复杂的天然准高分子物质, 具有重要的肥力和环境调节功能<sup>[1]</sup>。土壤腐殖质是土壤有机质的重要组成部分, 对其组成及特性进行研究, 有助于进一步揭示不同土壤中有机质分解产物对土壤肥力的影响, 并具有一定的指导价值。土壤腐殖物

质作为土壤有机质的主体, 因而受到各国学者的普遍重视<sup>[2]</sup>。沙棘(*Hippophae rhamnoides* Linn.) 是半干旱地区用于水土保持造林的主要生态经济型树种, 有很好的水土保持功能。作为一种植物资源, 沙棘含有多种生物活性物质, 具有多种生物活性。此外, 沙棘适应环境能力强, 对生长环境要求相对较低, 并对

收稿日期: 2014-01-20

修回日期: 2014-03-21

资助项目: 甘肃省教育厅, 甘肃省高校研究生导师计划项目(1110-03)

作者简介: 王鑫(1956—), 男(汉族), 甘肃省镇原县人, 硕士, 教授, 主要从事土壤生态与植物营养的研究工作。E-mail: qywangxin@126.com

各种土壤条件有较强的适应性,耐瘠薄,耐盐碱,不论在贫瘠的黄土高原、戈壁、盐碱地还是在东北草甸,沙棘均可生长,能在短期内能迅速繁殖成林等优点。近年来,国内学者对沙棘水土保持功能及资源利用、黄土高原植被恢复、有机质及其他理化性质的研究较为深入,但对人工沙棘林不同恢复年限与土壤腐殖质性质相结合的研究鲜见报道<sup>[3]</sup>。此外,前人也对不同恢复年限的沙棘林生产力及林地土壤理化性质、土壤微生物群落组成及生化活性进行了报道,但对处于近熟期不同恢复年限沙棘林土壤腐殖质组成及其结合形态的研究报道相对较少。为此,本文通过对不同恢复年限人工沙棘林土壤腐殖质性质的研究,旨在揭示其恢复过程中土壤腐殖质组成及其性质的变化规律,认识不同恢复年限的人工沙棘林对改善土壤有机碳的机理,从而合理运用生态学原理为该地区人工沙棘林建设提供科学依据。

## 1 研究区概况与研究方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于陇东黄土高原南部残原沟壑区庆阳市庆城县蔡家庙乡齐沟门村范家沟,土壤类型为黄绵土,质地为壤土。地理坐标地处东经 107°40′—107°41′,北纬 36°02′—36°03′,海拔 1 390~1 420 m。该区属黄土高原沟壑地貌,是全国典型水土流失区之一,侵蚀面积 25 050.5 km<sup>2</sup>,占全区总面积的 92.4%,

侵蚀模数 6 383~9 000 t/hm<sup>2</sup>。属暖温带半干旱季风气候区,光、热、水气候资源比较丰富,可一年两熟。由于季风的强烈影响,冬季寒冷干燥,春季多风且干旱少雨,夏季温暖多雨,水热同期,年降水量 400~600 mm,雨量分布不均,主要集中在 7—9 月。多年平均蒸发量 1 000 mm 以上,地面蒸发量为 350~560 mm,地下水位深,属雨养农业区,在黄绵土类区农业发展的主要限制因素是干旱,土壤瘠薄,水土流失严重<sup>[4]</sup>。根据调查资料,该地区自 1995 年开始,在地方政府统一部署下,全面实施了人工沙棘林的营造工作,对保持水土,提高土壤质量,改善生态环境有着重要意义。为此,我们通过实地调查,选择了不同栽植年限的人工沙棘林为研究样地。

### 1.2 研究方法

1.2.1 样地选择与样品采集 2010 年 6 月,在区内选择立地条件基本一致的具有代表性的样点(表 1),采用网格随机取样方法,以 5 m 的网格间隔各选择 3 个重复样方 15 个点,用土钻在每个采样区沙棘树冠下五点法采取 0—10,10—20,20—30 cm 的土样,混合后装入塑料袋,带回实验室内,将采集的样品除去植物根系、石块等,然后在常温下晾干、研磨、全部过 2 mm 筛,袋装密闭备用。测定所需的样品采用“四分法”取样<sup>[5]</sup>。先全部通过 1 mm 孔径筛,再从过 1 mm 孔径筛的土样中均匀取出 1/4,通过 0.149 mm 孔径筛。

表 1 人工沙棘林土壤样品基本情况

代码	恢复年限/a	立地条件	主要植被
A	7	坡地黄绵土,坡度 > 20°,阴山,2003 年栽植,人造水平沟	沙棘占 80%~90%,杏树占 10%~20%,树体长势强,树高 150~250 cm,林下草本植被茂密,无枯枝
B	10	坡地黄绵土,坡度 10°~15°,半阴山,2001 年秋季栽植,人造水平沟	为混交林,沙棘占 50%,杏树占 20%,刺槐占 20%,小山杨占 10%。树体长势茂密,沙棘株高 100~300 cm,植被覆盖度 > 80%,林下草本植被主要有早熟禾、甘草、蒿属、藜草等,无枯枝
C	15	坡地黄绵土,坡度 10°~15°,半阴山,1995 年秋季栽植,人造水平沟宽 100 cm,间距 200~300 cm	沙棘占 85%~90%,杏树占 10%~15%,树体长势强,树高 300~400 cm,林下草本植被主要以蒿属为主,伴生针茅、芦苇等,有细小少量枯枝
D	CK	撂荒地,坡地黄绵土,坡度 15°~25°	各类杂草,但以蒿属为主,高度 10~20 cm

1.2.2 分析方法 土壤有机质测定用重铬酸钾容量法<sup>[5]</sup>,不同腐殖质结合形态采用熊毅—傅积平改进法<sup>[6]</sup>,腐殖质组分测定用科诺诺娃法测定<sup>[7]</sup>。胡敏酸光学性质用 Sugahara 等<sup>[8]</sup>法测定,ΔlgK 为色调系数,在不调节含碳量的情况下,测定胡敏酸溶液在波长 400 和 600 nm 处的吸光值对数的差值。RF 为相对色度,系指胡敏酸溶液在波长 600 nm 处的吸光值除以 30 ml 该溶液所消耗的 0.02 mol/L KMnO<sub>4</sub> 的毫升数再乘以 1 000<sup>[9]</sup>。

1.2.3 数据处理 利用 SPSS 19.0 统计分析软件对实验数据进行处理分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同恢复年限对水溶性碳(WSOC)的影响

图 1 为人工沙棘林不同恢复年限不同土层水溶性碳含量。F 检验结果显示,不同恢复年限人工沙棘林的不同土层间土壤水溶性碳含量差异均达到极显著水平;多重比较(Duncan,α=0.05,下同)结果进一

步显示(图 1),15 a 土壤 WSOC 随着土层深度的增加呈下降趋势,0—10 和 10—20 cm 差异显著下降,10—20 与 20—30 cm 差异不显著。10 a 土壤 WSOC 随着土层的增加总体上也呈下降趋势,其中 0—10 cm 土壤 WSOC 含量最高,且与其他土层之间差异达到显著水平,10—20 与 20—30 cm 无显著性差异。7 a 土壤 WSOC 含量随着土层加深亦呈下降趋势,0—10 与 10—20 cm 差异达到显著水平,之后随着土层深度的增加,10—20 与 20—30 cm 差异不显著。CK 土壤 WSOC 含量随着土层深度的增加呈下降趋势,由 0—10 至 10—20 cm 显著下降,10—20 与 20—30 cm 差异不显著。

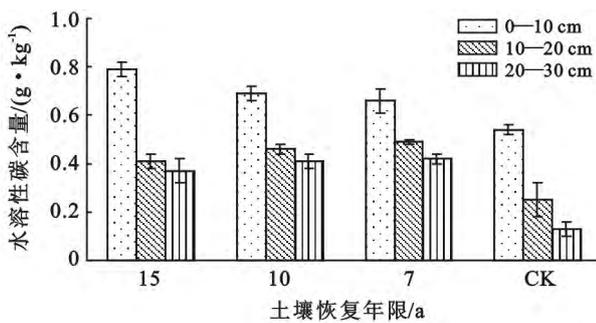


图 1 人工沙棘林不同恢复年限不同土层水溶性碳含量  
注:不同小写字母表示(Duncan,  $\alpha = 0.05$ )多重比较的结果。下同。

表 2 为沙棘林不同恢复年限间相同土层土壤 WSOC 的变化情况。同一土层不同的恢复年限间 WSOC 存在显著差异。0—10 cm 土层,其土壤 WSOC

含量随着恢复年限的延长呈上升趋势,CK 和 7 a WSOC 含量显著上升,7,10 和 15 a 间均无显著性差异。10—20 cm 的中层土壤 WSOC 含量随着恢复年限延长呈下降趋势,7,10 与 15 a 间无显著性差异,但 15 a 与 CK 间差异显著。20—30 cm 土壤 WSOC 含量随着恢复年限延长亦呈下降趋势,7,10 与 15 a 无显著性差异,然而 15 a 与 CK 间差异显著。

表 2 不同恢复年限人工沙棘林相同土层水溶性碳含量

恢复年限/a	土层/cm		
	0—10	10—20	20—30
15	0.79(0.03)a	0.41(0.03)a	0.37(0.05)a
10	0.69(0.03)ab	0.46(0.02)a	0.41(0.03)a
7	0.66(0.05)b	0.49(0.01)a	0.42(0.02)a
CK	0.54(0.02)c	0.25(0.07)b	0.13(0.03)b

注:表中数据为 3 个样品的平均值,括号中的值为标准差,字母为不同恢复年限相同土层显著性差异。下同。

## 2.2 不同恢复年限对土壤腐殖质组分的影响

沙棘林不同恢复阶段对土壤腐殖质组分的影响见表 3。沙棘林不同恢复年限的不同土层间土壤胡敏酸(HA)碳含量差异达显著水平;各恢复年限的土层间土壤富里酸(FA)碳含量差异均达到显著水平;7 a 和 CK 土层间土壤胡敏素(HM)碳含量差异达到显著水平,10 和 7 a 土层间土壤 HM 碳含量差异不显著(以表 3 中小写字母表示)。恢复年限 15 与 10 a 的样地土壤 HA 和 FA 碳含量随着土层深度的增加呈下降趋势,7 a 和 CK 的 HA,FA 和 HM 碳含量都随土层深度的增加呈下降趋势。

表 3 沙棘人工林土壤腐殖质含量

恢复年限/a	土层深度/cm	TOC/ (g·kg <sup>-1</sup> )	腐殖质各组分碳/(g·kg <sup>-1</sup> )			占 TOC/%			PQ/%
			HA	FA	HM	HA	FA	HM	
15	0—10	5.09(0.07)a	1.20(0.06)a1	1.10(0.06)a1	2.00(0.12)a3	13.97	21.59	23.50	52.11
	10—20	4.03(0.05)b	1.07(0.08)a1	0.79(0.15)b1	1.76(0.25)a3	16.75	19.72	26.62	57.44
	20—30	3.65(0.10)c	0.90(0.11)b1	0.55(0.09)c1	1.83(0.09)a4	19.18	15.18	24.58	61.82
10	0—10	4.99(0.07)a	1.16(0.03)a12	0.34(0.16)a2	2.81(0.15)a2	23.26	6.74	28.32	77.54
	10—20	4.65(0.07)b	1.09(0.11)a12	0.31(0.03)ab2	3.04(0.15)a2	23.45	6.23	34.91	78.02
	20—30	4.29(0.03)c	0.79(0.03)b1	0.15(0.07)b2	2.95(0.06)a3	18.45	3.38	43.98	84.51
7	0—10	4.68(0.07)a	1.00(0.03)a3	0.25(0.11)a2	2.77(0.11)a2	21.42	5.35	23.48	80.01
	10—20	4.43(0.16)b	0.93(0.06)ab2	0.16(0.04)ab2	2.95(0.16)a2	21.04	1.29	33.69	94.23
	20—30	3.92(0.08)c	0.86(0.03)b12	0.14(0.07)b2	2.49(0.12)b2	21.99	3.59	34.37	85.97
CK	0—10	5.29(0.05)a	1.07(0.08)a23	0.36(0.09)a2	3.32(0.12)a1	20.28	6.77	35.29	74.97
	10—20	4.96(0.06)b	0.96(0.03)a2	0.05(0.02)b2	3.73(0.19)a1	19.33	1.95	46.15	90.20
	20—30	4.61(0.05)c	0.69(0.07)b2	0.04(0.05)b2	3.70(0.02)b1	15.07	1.73	57.97	89.73

注:①PQ=HA/(HA+FA)×100%;②小写字母为恢复年限不同土层差异;③小写字母后阿拉伯数字为不同恢复年限相同土层差异。下同。

沙棘林各恢复年限的相同土层间土壤 HA 碳含量差异达显著水平;土壤 FA 碳含量差异达显著水

平;土壤 HM 碳含量差异均达显著水平。各土层 HA 和 FA 碳含量都随着恢复年限的增加呈显著上升趋势

势, HM 碳含量随着恢复年限的增加呈明显下降趋势(表 3)。

由表 3 可以看出, 不同恢复年限同一土层土壤有机碳变化表现为随着恢复年限延长而上升。0—10 和 10—20 cm 这 2 个土层的 15 和 10 a 土壤的有机碳变化不显著, 但 20—30 cm 土层不同年限的土壤有机碳差异显著。对于 0—20 cm 土层而言, 恢复年限的长短与否均对土壤有机质的积累具有重要影响。

土壤腐殖质的组成和性质反映了土壤形成条件及形成过程<sup>[7]</sup>。结果表明, 不同恢复年限沙棘土壤的腐殖质组分有机碳含量为: HM>HA>FA, 随着土层深度的增加, 腐殖质各组分 HA, FA, HM 均呈下降趋势。CK 土壤的 HA 在 0—10 和 10—20 cm 差异不显著, 随着土层的深入 10—20 和 20—30 cm 间差异显著; 此外, 0—10 和 10—20 cm 土层间的 FA 差异显著, 但 10—20 和 20—30 cm 间差异不显著。15 a 土壤的 HA 在 0—10 和 10—20 cm 间差异不显著, 但下层土壤 10—20 和 20—30 cm 差异显著, 15 a 的土壤 FA 在 3 个土层间均差异显著; 10 a HA 在 0—10 和 10—20 cm 差异不显著, 而 10—20 和 20—30 cm 差异显著, 土壤 FA 在 0—10 和 10—20 cm 差异达显著水平, 但 10—20 和 20—30 cm 不显著。此外, 腐殖质各组分有机碳含量在 0—30 cm 土层差异均达显著水平。由此说明, 不同恢复年限的沙棘林对土壤腐殖质组分的影响主要在 0—30 cm。前人研究认为, PQ 值为可提取腐殖质中 HA 的比例, 与 HA/FA 同义, 均可作为腐殖质化程度的指标, 用来表征腐殖质组成的变化<sup>[10]</sup>。该值越小, 说明胡敏酸含量越低, 分子量减小, 分子结构越简单, 反之亦然<sup>[10]</sup>。本研究结果表明, 15 a 的 PQ 值相对最低, 但不小于 52%; 7 a 最高, 但不高于 94%; 而不同恢复年限各层土壤随恢复年限呈下降趋势, CK 在 0—10, 10—20 cm 土层中低于 7 a 的, 20—30 cm 土层以 CK 为最高。此外, PQ 值还说明人工沙棘林的土壤(黄绵土)与林地土壤(灰褐土, 黄土母质)比较, 胡敏酸与富里酸含量呈极其明显的反相关分布<sup>[11-12]</sup>, 即林地土壤腐殖质丰富, 胡敏酸含量均低于富里酸含量, 而旱地土壤的胡敏酸含量均高于富里酸含量, 且富里酸含量很低, 但种植沙棘林的旱地土壤的富里酸含量明显升高且接近林地土壤胡敏素与富里酸的比值。由此说明, 沙棘林对土壤富里酸含量具有明显的提升作用。

### 2.3 恢复年限对沙棘林土壤腐殖质结合形态的影响

土壤腐殖质结合形态分为松结合态(I), 稳结合态(II)和紧结合态(III)3 种。腐殖质的不同结合形态的量和比例及其化学稳定性的不同, 决定着土壤肥力水平

的高低<sup>[13]</sup>。松结合态碳主要来源于新鲜有机质, 易被土壤微生物氧化, 其活性也较大, 对土壤有效养分的供应起着重要作用, 而紧结合态碳在全量养分的保贮及稳定结构方面起着重要作用<sup>[14]</sup>。由表 4 可以看出, 不同恢复年限沙棘林土壤腐殖质各结合形态有机碳含量由表层至下层均呈明显的下降趋势, 松结合态、稳结合态在 0—30 cm 各层之间均呈显著差异。就松结合态与稳结合态而言, 年限为 15 a 的 0—10 cm 稳结合态>松结合态>紧结合态, 10—20 cm 的稳结合态>紧结合态>松结合态, 20—30 cm 的紧结合态>稳结合态>松结合态, 松/稳比均小于 1 (0.85~0.90), 且由表层至下层均呈下降趋势, 松/紧比亦呈下降趋势; 而紧结合态由表层至下层其含量呈上升趋势, I+II 则呈明显的下降趋势。10 a 各层土壤紧结合态>松结合态>稳结合态, 松/稳比值在 1.38~1.43, 松/紧比值的变化由表层至下层呈下降趋势, 7 a 各层土壤结合形态与 10 a 变化规律一致, 松/稳比值在 1.40~1.50, 且 CK 各层中松结合态>稳结合态, 松/稳比值由表层至下层先上升后下降, 而松/紧比值由表层至下层呈下降趋势。松/紧比值越低, 则土壤的腐殖化程度越低, 对形成良好土壤结构的能力减弱, 反之亦然<sup>[14]</sup>。恢复年份长的土壤松结合态腐殖质所占比例均高于恢复年份短土壤, 其松/紧比值变幅在 0.36~1.44。CK, 7, 10, 15 a 各层土壤比较, 松/稳比值均高于 15 a, 由此说明在不同恢复年限情况下, 恢复年限在 7~10 a 的土壤肥力高。由此说明恢复年限 10~15 a 土壤肥力出现衰退趋势, 与实际调查结果相吻合。

### 2.4 沙棘不同恢复年限土壤胡敏酸的光学性质

胡敏酸的光学性质是判断土壤腐殖质特性的重要依据<sup>[7]</sup>。研究表明, HA 的  $\Delta\lg K$ , RF 与它们组成羧基、羰基、甲氧基和醇羟基的含量以及平均分子量之间呈显著的正(或负)相关<sup>[2,9]</sup>。一般而言, HA 的  $\Delta\lg K$  越高(或 RF 越低), 则它们的羧基、羰基和酚羟基的含量越低, 而甲氧基和醇羟基的含量越高, HA 的氧化程度越低<sup>[15]</sup>。表 5 结果表明, 15 a 各层土壤松结合态 HA 与稳结合态 HA 在光学性质上有很大的区别, 即各层松结合态 HA 的  $E_4/E_6$  和  $\Delta\lg K$  均较稳结合态胡敏酸高, 0—20 cm 的 RF 较高, 表层至下层呈“凹形”分布。10 a 各层土壤 0—20 cm 土层胡敏酸的松结合态和稳结合态的  $E_4/E_6$  逐渐升高,  $\Delta\lg K$  则降低, 20—30 cm  $E_4/E_6$  降低,  $\Delta\lg K$  升高, 且 0—10, 20—30 cm 松结合态均大于稳结合态; 10—20 cm 则稳结合态高于松结合态, 7 a 各层土壤的光学性质基本与 10 a 规律一致, 成为“凸形”分布。CK 稳结合态、松结合态的  $E_4/E_6$ ,  $\Delta\lg K$  由表层至下层均呈明显的下降趋势,

0—10 cm 松结态小于稳结态,且差值较大,10—20, 20—30 cm 松结态与稳结态极为相近。RF 值的变化与  $E_4/E_6$  和  $\Delta\lg K$  的规律相反。由 RF 的平均值可以清楚的看出,15 a 各层土壤的 RF 值均明显高于 10,

7a,CK 的 RF 值,说明人工沙棘林的生长年限越长, HA 在分子结构上变得越简单,氧化程度越高,HA 的氧化稳定性降低,使土壤肥力水平及土壤腐殖质的品质有所降低。

表 4 土壤腐殖质各种结合形态的有机质含量

恢复年限/a	土层深度/cm	有机碳含量/(g·kg <sup>-1</sup> )			松/稳比(I/II)	松/紧比(I/III)	I+II
		松结合态(I)	稳结合态(II)	紧结合态(III)			
15	0—10	1.82(0.08)a	2.01(0.05)a	1.26(0.04)a	0.90	1.44	3.83
	10—20	1.22(0.13)b	1.42(0.02)b	1.39(0.15)b	0.86	0.88	2.65
	20—30	0.84(0.09)c	0.99(0.07)c	1.81(0.15)b	0.85	0.47	1.84
10	0—10	1.85(0.03)a	1.30(0.15)a	1.84(0.24)a	1.43	1.01	3.15
	10—20	1.36(0.05)b	0.98(0.09)b	2.31(0.18)a	1.38	0.59	2.34
	20—30	1.06(0.04)c	0.75(0.04)c	2.48(0.11)b	1.41	0.43	1.81
7	0—10	1.78(0.08)a	1.19(0.03)a	1.71(0.13)a	1.50	1.04	2.97
	10—20	1.39(0.02)b	0.94(0.04)b	2.11(0.14)a	1.48	0.66	2.32
	20—30	1.06(0.01)c	0.76(0.07)c	2.10(0.14)b	1.40	0.51	1.82
CK	0—10	1.84(0.04)a	1.11(0.07)a	2.35(0.06)a	1.66	0.78	2.94
	10—20	1.49(0.07)b	0.82(0.01)b	2.65(0.05)b	1.83	0.56	2.31
	20—30	1.04(0.02)c	0.67(0.02)c	2.90(0.06)c	1.54	0.36	1.71

表 5 各恢复年限沙棘林土壤腐殖质各结合形态胡敏酸的光学性质

恢复年限/a	土层深度/cm	松结合态 I/(g·kg <sup>-1</sup> )			稳结合态 II/(g·kg <sup>-1</sup> )			平均值		
		$E_4/E_6$	$\Delta\lg K$	RF	$E_4/E_6$	$\Delta\lg K$	RF	$E_4/E_6$	$\Delta\lg K$	RF
15	0—10	4.77	0.58	114.58	4.67	0.66	107.43	4.72	0.62	111.01
	10—20	3.05	0.45	117.46	2.79	0.39	126.48	2.92	0.42	121.97
	20—30	5.13	0.58	66.27	4.81	0.46	61.71	4.97	0.52	63.99
10	0—10	3.62	0.42	99.41	3.39	0.44	90.06	3.51	0.43	94.73
	10—20	4.35	0.37	125.99	5.77	0.40	127.01	5.06	0.38	126.50
	20—30	2.12	0.31	21.64	2.11	0.28	20.36	2.11	0.30	21.00
7	0—10	2.03	0.37	11.42	2.01	0.37	11.09	2.02	0.37	11.25
	10—20	4.51	0.52	84.01	4.32	0.49	80.78	4.42	0.50	82.40
	20—30	2.52	0.37	21.07	2.22	0.30	19.35	2.37	0.34	20.21
CK	0—10	3.59	0.50	43.00	3.82	0.44	37.32	3.70	0.47	40.16
	10—20	2.54	0.40	40.49	2.52	0.14	40.30	2.53	0.27	40.40
	20—30	2.01	0.34	27.83	2.00	0.22	26.78	2.01	0.28	27.30

### 3 讨论

人们已经对土壤空间分异及其随着环境梯度、生态系统类型的变化有一定的了解。目前许多研究者开始关注立地条件的综合因子对土壤性质的影响,如地形、地貌、土地利用、群落类型、土壤养分、土壤水分和农业措施等综合的因素对土壤的综合效应<sup>[15]</sup>。通过实地考察之后,发现沙棘栽植时间过长,其生长势显著降低,甚至大多数形成枯枝,最后导致沙棘林退化、死亡。这是什么原因引起的?沙棘的栽植年限和

土壤腐殖质之间到底存在什么关系?因此,我们对不同恢复年限人工沙棘林土壤腐殖质性质进行了研究,研究表明,15 a 各层土壤有机碳的腐殖化程度和芳化度比 10,7 a 的对应因子显著降低,这显然与人工沙棘林恢复时间有密切的关系。由此也证明了 15 a 土壤腐殖质品质较差,胡敏酸在分子结构上变得较为简单,而土壤 HA 的氧化稳定性随之降低,恢复年限过长,从全量养分的保贮及稳定结构方面和对土壤有效养分的供应方面都会降低,不利于土壤肥力的可持续性提高。这也与我们实地调查的结果相吻合。

## 4 结论

不同恢复年限的沙棘林土壤水溶性有机碳由表层至下层均呈降低趋势;腐殖质各组分有机碳含量为:HM>HA>FA。FA的形成速度大于HA。PQ值CK>7 a>10 a>15 a。各恢复阶段土壤由表层至下层松/稳比、松/紧比均呈下降趋势,且各层土壤紧密结合态均低于对照,但15 a明显低于7,10和15 a对土壤有效养分的供应也明显降低,松结态只有0—10 cm土层中各个恢复阶段无明显差异。 $E_4/E_6$ 和 $\Delta\lg K$ 的值15 a>10 a>CK>7 a。

因此,在保持水土和恢复提高土壤综合肥力方面均以不超过15 a人工沙棘林为佳,超过15 a必须及时更新。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 肖彦春, 奚森. 土壤腐殖质各组分红外光谱研究[J]. 分析化学, 2007, 35(11): 1596-1600.
- [2] 张晋京, 奚森, 李翠兰, 等. 土壤腐殖质分组研究[J]. 土壤通报, 2004, 35(6): 706-709.
- [3] 刘勇, 王凯博, 上官周平. 黄土高原子午岭退耕地土壤物理性质与群落特征[J]. 植物资源与环境学报, 2006, 15(2): 42-46.
- [4] 庆阳地区土壤普查办公室. 甘肃庆阳土壤[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1989: 1-30.
- [5] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 1999: 21-33.
- [6] 傅积平. 土壤结合态腐殖质的分组测定[J]. 土壤通报, 1983, 14(2): 36-37.
- [7] 严昶升. 土壤肥力研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1988: 263-280.
- [8] Kmada K, Sato O, Ohsumi Y, et al. Humus composition of mauntain soil in central Japan with special reference to the distribution of P type humic acid [J]. Soil Science and Plant Nutrition, 1967, 13(5): 151-158.
- [9] 奚森, 徐冰, 孙宏德. 黑土有机培肥与腐殖质特性[J]. 吉林农业大学学报, 1995, 17(1): 46-51.
- [10] 牛灵安, 郝晋珉, 李吉进. 盐渍土熟化过程中腐殖质特性的研究[J]. 土壤学报, 2001, 38(2): 114-121.
- [11] 王鑫, 刘建新, 雷蕊霞, 等. 不同种植年限苜蓿土壤熟化过程中腐殖质性质的研究[J]. 水土保持通报, 2008, 28(2): 98-102.
- [12] 王鑫, 刘建新. 黄土高原沟壑区烟草连作对土壤腐殖质性质的影响[J]. 水土保持学报, 2007, 21(6): 126-129.
- [13] 陈恩凤, 周礼恺, 武冠云. 微团聚体的保肥供肥性能及其组成比例在评判土壤肥力中的作用[J]. 土壤学报, 1994, 31(1): 18-28.
- [14] 杨玉盛, 邱仁辉, 俞新妥, 等. 不同栽植代数29年生杉木林土壤腐殖质及结合形态的研究[J]. 林业科学, 1999, 35(5): 116-119.
- [15] 张福锁, 龚元石, 李晓林. 土壤与植物营养研究新动态: 第3卷[C]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 130-141.
- [8] 张铜会, 赵哈林, 赵学勇, 等. 科尔沁沙地玉米耗水规律初探[J]. 中国沙漠, 1999, 19(S1): 137-139.
- [9] 唐霞, 崔建垣, 赵学勇, 等. 科尔沁沙地玉米叶面蒸腾与棵间蒸发特性[J]. 草业科学, 2011, 28(5): 788-792.
- [10] 刘慧军, 刘景辉, 于健, 等. 土壤改良剂对燕麦土壤理化性状及微生物量碳的影响[J]. 水土保持学报, 2012, 26(5): 69-72.
- [11] 杜社妮, 赵世伟, 白岗栓. 沃特和PAM对土壤水分及玉米生长的影响[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2008, 34(1): 81-88.
- [12] 刘慧军, 刘景辉, 于健, 等. 土壤改良剂对土壤紧实度及燕麦生长状况的影响[J]. 水土保持通报, 2013, 33(3): 130-134.
- [13] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤物理测定方法[M]. 北京: 科学出版社, 1978: 1-76.
- [14] 胡国成, 章明奎, 韩常灿. 红壤团聚体力学和酸碱稳定性的初步研究[J]. 浙江农业科学, 2000(3): 125-127.
- [15] 刘瑞凤, 张俊平, 郑欣, 等. PAM-atta复合保水剂对土壤物理性质的影响[J]. 土壤, 2006, 38(1): 86-91.
- [16] 郭晓霞, 刘景辉, 田露, 等. 免耕轮作对内蒙古地区农田贮水特性和作物产量的影响[J]. 作物学报, 2012, 38(8): 1504-1512.

(上接第48页)