

文章编号: 0253-9721(2013)11-0066-05

关中地区土壤含水率对丝织品老化的影响

郭建波, 王丽琴, 韩明, 付菲

(西北大学 文化遗产学院 陕西 西安 710069)

摘要 为了探究关中地区土壤含水率对丝织品老化影响的规律,采用墓葬土和井水包埋市售桑蚕丝,利用色差仪、显微分析系统、红外光谱仪和万能材料试验机测试了样品老化前后颜色、微观形态、分子结构和抗拉强度的改变,以评价丝织品在包埋环境中的老化状况。结果表明:在20%含水率环境中,丝织品老化最明显;在10%含水率(干燥缺氧)环境中丝织品老化程度最小。在包埋过程中,有粉红色小双孢菌生成,其分泌物影响丝织品外观。因此,土壤含水率对丝织品老化的影响非常明显。

关键词 土壤含水率; 丝织品; 老化; 关中

中图分类号: G 264.2 文献标志码: A

Effects of soil moisture content in Guanzhong area on ageing of silk fabrics

GUO Jianbo, WANG Liqin, HAN Ming, FU Fei

(College of Culture Heritage, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069, China)

Abstract In order to study how the Guanzhong soil moisture content affects the silk ageing process, mulberry silk samples were embedded in tomb soil and well water. Color difference meter, microscopy, FT-IR and universal testing machine were applied to test the changes in color, micro-morphology, molecular structure and tensile strength of the samples before and after ageing to evaluate the ageing state. Results suggest that silk samples degraded significantly at 20% soil moisture content while aged least at 10% soil moisture content. During the embedding, some pink microbisporea rosea formed, whose exudates greatly influenced the silk appearance. Therefore, the soil moisture content strongly affects the silk ageing.

Key words soil moisture content; silk fabrics; ageing; Guanzhong

中国纺织品文物对了解我国古代纺织技术的起源、发展,以及研究不同时期我国文化发展状况具有重要意义。目前,有关丝织品文物的研究主要集中在:探讨光、温度、湿度、微生物等因素对丝织品的老化机制研究^[1-3]、揭取^[4-6]、加固^[7-8]、清洗^[8-10]、修复^[11-12]等丝织品保护技术研究;丝织品鉴定研究^[13]等。这些研究主要是探讨丝织品出土后的老化和保护,而对埋藏环境中丝织品的老化研究甚少。考古发现,干旱的新疆地区和潮湿的南方地区都有

大量丝织品文物的出土,且保存状况较好;而在中国历史长河中占据重要地位的关中地区,尤其是作为古丝绸之路起点的西安,很少有完好丝织品的出土,这是一个值得探究的问题。

本文从土壤含水率的角度,对丝织品的老化进行探索,旨在了解丝织品在土壤中的腐蚀变化,掌握土壤含水率对丝织品老化影响的规律,为关中地区墓葬丝织品考古发掘提供有力支持,为丝织品类文物保护提供科学依据。

收稿日期: 2012-11-09 修回日期: 2013-07-16

基金项目: 陕西省重点学科建设专项资金资助项目(jxw02);西北大学校级大学生创新项目(201064)

作者简介: 郭建波(1988—),男,学士。研究方向为文物保护与文物分析。王丽琴,通信作者, E-mail: wangliqin@nwu.edu.cn。

1 实验部分

1.1 实验方法

采用西安市凤栖原汉墓墓葬土作为包埋土 (pH=8.1, 土壤粒径不大于 5 mm), 用凤栖原汉墓附近井水调配土样至不同含水率, 真空瓶包埋丝织品, 在室温 (平均温度 18.7 °C) 下进行包埋实验。以还原铁粉作为除氧剂, 除氧剂用量为土壤质量的 10%。分别在包埋 15、30、45、60、75、90 d 后将样品取出, 室温下用 KQ-2200DB 型数控超声波清洗器 (清洗频率 25 Hz) 进行清洗 15 min。通过对老化前后样品的红外谱图分析、微观形态分析、色差分析、抗拉强度以及微生物检测, 探究关中地区土壤含水率对丝织品老化影响的规律。

1.2 模拟丝织品的制备

由于现代桑蚕丝与古代桑蚕丝在外观和性质上十分相近, 因此本文采用市售白色已脱胶的 16 号电力纺 (现代桑蚕丝绸) 作为模拟样品, 将其裁剪成 100 mm × 15 mm (经 × 纬) 的样条。

1.3 土壤含水率的设定

通过测定, 凤栖原汉墓包埋丝织品文化层土壤含水率接近 20%。本文实验设定的土壤包埋环境的含水率为 10%、15%、20%、25%。

1.4 表征方法

1.4.1 色差分析

用 SP62-162 型色差仪 (美国 X-RITE 公司) 进行 L^* 、 a^* 、 b^* 色度参数测量, 以 ΔE 评价样品颜色的改变。 ΔE 的计算公式为:

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

表 1 包埋环境中氧气对丝织品抗拉强度的影响

Tab.1 Influence on tensile strength of oxygen in embedding environment

老化天数/ d	抗拉强度/N					
	XCG-15	XCG-Fe-15	XCG-20	XCG-Fe-20	XCG-25	XCG-Fe-25
15	7.16	7.86	5.32	5.39	4.16	4.88
30	3.42	6.41	2.36	3.57	1.70	2.35
45	1.73	2.95	1.17	1.61	1.21	1.91
60	1.21	1.76	0.52	1.19	0.67	1.91
75	1.16	1.58	0.47	1.01	0.63	1.88
90	0.88	1.56	0.28	0.48	0.43	1.15

2.2 土壤含水率对丝织品老化的影响

从土壤包埋前后丝织品的颜色、显微形貌、红外

1.4.2 显微分析

用 KH-7700 型超景深三维视频显微系统 (日本 HIROX 公司) 采集丝织样品的显微图像, 观测纤维在微观形态上的变化。

1.4.3 红外光谱分析

用 TENSOR27 型傅里叶红外光谱仪 (德国 BRUKER 公司) 及透射附件, 检测分析样品的红外光谱图, 以判断其分子结构的变化。

1.4.4 抗拉强度测定

用 PT-1176 型万能材料试验机 (东莞市宝大仪器有限公司) 进行抗拉强度实验, 传感器感量为 500 kg。

1.4.5 微生物分析

使用高氏一号培养基 (放线菌培养) 和孟加拉红培养基 (霉菌培养) 对土样、水样和老化丝织品进行培养后, 按照 GB/T 4789.2—2010《食品微生物学检验 菌落总数测定》、《伯杰氏测定手册》及《霉菌测定手册》中的放线菌和霉菌的检验方法进行分析检验。培养实验所用的材料为: 孟加拉红培养基、高氏一号培养基、生理盐水。

2 结果与讨论

2.1 氧气对丝织品老化的影响

氧气是影响丝织品老化的重要因素, 本文实验采用还原铁粉作为除氧剂消除包埋环境中的氧气。对照实验结果表明, 包埋环境中的氧气会加速丝织品的老化。以样品老化前后的抗拉强度为例, 结果如表 1 所示。表中 XCG-20 表示样品在土壤含水率 20%、无除氧剂的环境中包埋, XCG-Fe-25 表示样品在土壤含水率 25%、有除氧剂的环境中包埋, 其余样品包埋环境以此类推。

光谱、抗拉强度等方面考察了土壤不同含水率对丝织品老化的影响。

2.2.1 包埋前后样品颜色的变化

经不同含水率土包埋后的丝织品颜色有所变化,表现为老化后样品色泽变暗淡,丝织品颜色由白变红或黄色。图 1 示出各含水率条件下、包埋铁粉的丝织品在老化过程中颜色的变化,其中 ΔE (色差值) 越大,颜色变化就越明显。由图 1 可看出,20% 和 25% 含水率包埋的丝织品的 ΔE 大,颜色变化明显;10% 含水率包埋的丝织品的 ΔE 最小,颜色改变最小。

2.2.2 包埋前后样品的显微形貌变化

根据采集的不同含水率下各样品的显微图像,判断丝纤维排列的紧密度、色度、单丝宽度及丝断裂程度,从显微形貌方面评价丝织品的老化。图 2 为不同含水率的丝织品在包埋 75 d 后的显微照片,其中图 2(a) 代表老化前的样品,图 2(b)、(c)、(d) 和 (e) 为老化样品,包埋环境含水率分别为 10%、15%、20% 和 25%。

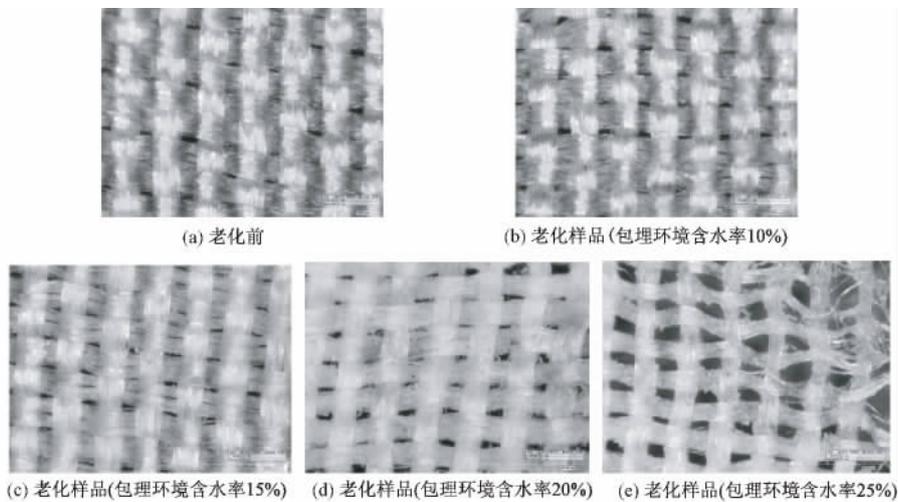


图 2 丝织品显微照片(×200)

Fig. 2 Photomicrographs of silk fabric(×200). (a) Original silk fabric; (b) Aged silk fabric (10% soil moisture content); (c) Aged silk fabric (15% soil moisture content); (d) Aged silk fabric (20% soil moisture content); (e) Aged silk fabric (25% soil moisture content)

2.2.3 包埋前后样品的红外光谱变化

通过对丝织品的红外光谱分析,观察在不同包埋时间、各含水率条件下老化丝织品分子结构的变化。图 3 示出纺织品的红外谱图。图 3(a) 示出老化前丝织品的红外谱图,图 3(b) 示出在 25% 含水率土壤中丝织品包埋老化 75 天后的红外光谱图。由红外谱图可知,老化前 1513.72 cm^{-1} 处存在苯环 $\text{C}=\text{C}$ 的特征峰;老化后该吸收峰逐渐消失,表示分子中稳定性较差的苯环 $\text{C}=\text{C}$ 产生断裂,丝织品发生老化。除包埋有铁粉、10% 含水率环

境的样品,在 15 d 和 30 d 老化后 1513.72 cm^{-1} 峰仍存在,其他老化环境的样品该吸收峰均已消失。

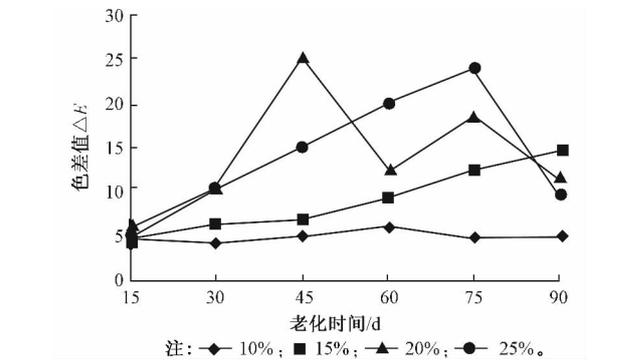


图 1 丝织品在老化过程中色差值的变化

Fig. 1 Variation of color difference on aging of silk fabrics

2.2.4 包埋前后样品的抗拉强度变化

丝织品抗拉强度测定表明:在不同老化时间,各含水率条件下老化丝织品的抗拉强度值与原样相比都有所变化,说明样品都有不同程度的老化,结果如图 4 所示。

从图 4 可看出:相同含水率条件下,除 10% 包埋环境下,丝织品抗拉强度值有起伏波动外,在其他

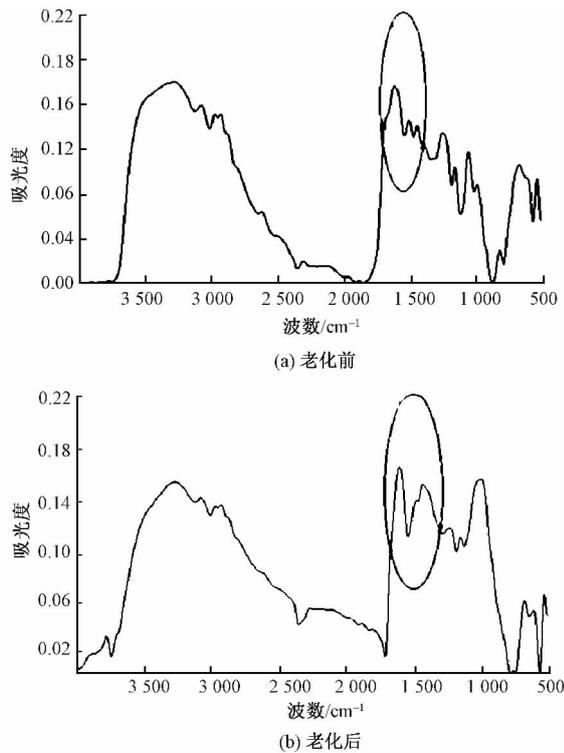


图 3 丝织品红外光谱图

Fig. 3 Infrared spectrograms of silk fabrics. (a) Original silk fabric; (b) Aged silk fabric

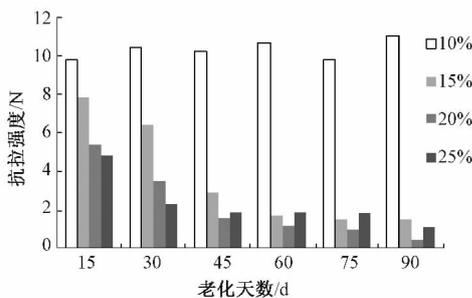


图 4 各含水率条件下老化过程中实验样品抗拉强度的变化
Fig. 4 Variation of tensile strength of samples in aging process under conditions of various moisture contents

含水率条件下,随着包埋时间的延长,丝织品抗拉强度逐渐减小。

从图 4 还可看出,含水率 20% 包埋环境中,丝织品抗拉强度变化最明显,丝织品老化最严重,抗拉强度最大损失达到 95.9%;在含水率 10% 包埋环境下,丝织品抗拉强度最大损失仅 17.3%。含水率为 15% 和 25% 包埋环境下,丝织品抗拉强度变化居中。

经测定,西安凤栖原汉墓包埋丝织品文化层土壤含水率恰在 20% 左右,这个含水率是丝织品腐蚀最严重的含水率区间。因此,这就解释了为什么干旱的新疆地区和潮湿的南方地区都有大量丝织品文

物出土,且保存状况较好;而作为古丝绸之路起点的西安,很少有完好丝织品出土的原因。

2.3 微生物分析

丝织品在土壤包埋过程中,随着老化现象的发生,伴随有微生物的生成。图 5 示出丝织品及其微生物显微照片(×200)。图 5(a)是在显微镜下观察到的有红色微生物的丝织品,经微生物培养见图 5(b),得到其显微照片图 5(c)。

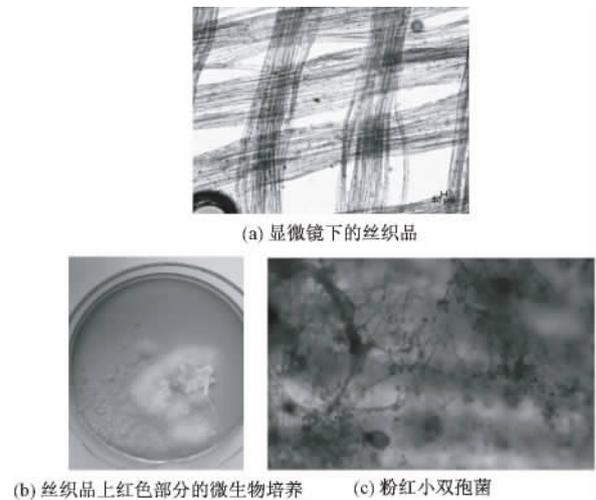


图 5 丝织品及其微生物显微照片(×200)

Fig. 5 Silk fabrics and microbe images(×200).

- (a) Silk fabrics under microscope;
- (b) Red part of microculture on silk fabric;
- (c) *Microbispora rosea*

对样品优势微生物种类进行鉴定,其结果如下:

1) 原墓葬土壤样品:菌落生长特征为菌落表面绒状,菌落直径 3~4 mm,气生菌丝白色、长绒状;基生菌丝红棕色、产红褐色水溶性色素。菌落特征符合链霉菌白色类群(*Albosporus*),此种放线菌为链霉菌白色类群。土壤样品也检出有粉红小双孢菌,但非优势种类。

2) 水样:无霉菌及放线菌检出。

3) 老化丝织品样品:优势菌落生长特征为菌落表面绒状,菌落直径 3~4 mm,气生菌丝浅红粉色,有分支、无横隔;基生菌丝红棕色、产黄褐色水溶性色素。菌落特征符合粉红小双孢菌,此种放线菌为粉红小双孢菌。

3 结 论

1) 在 20% 土壤含水率的包埋条件下,丝织品的老化程度最大;在土壤含水率 10% 时,丝织品的老化程度最小;其余均介于二者之间。老化后丝织品

发生颜色改变、强度降低、分子结构及微观形貌也发生了相应变化。

2) 随着包埋时间的延长,丝织品的老化程度越严重。

3) 在包埋过程中,丝织品上生成的红色物质,鉴定为粉红色小双孢菌分泌的代谢物。 FZXB

参考文献:

- [1] 唐长波,李世超. 污染的丝绸织物中霉菌的分离与鉴定[J]. 安徽农学通报, 2009, 15(17): 28 - 29.
TANG Changbo, LI Shichao. Separation and indentification of mould from silk fabrics contaminated by microorganisms [J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2009, 15(17): 28 - 29.
- [2] DONG Jeongpark, LEE Mihee, HAN Dongwook, et al. Sterilization of microorganisms in silk fabrics by microwave-induced argon plasma treatment at atmospheric pressure [J]. Surface & Coatings Technology, 2008(22 - 23): 5773 - 5778.
- [3] 杨建洲,孙丽娟. 影响出土丝织文物老化因素的研究进展[J]. 考古与文物, 2003(5): 91 - 94.
YANG Jianzhou, SUN Lijuan. Research on the aging factors of unearthed ancient silk [J]. Archaeology and Cultural Relics, 2003(5): 91 - 94.
- [4] 张敬,彭志勤,胡智文,等. L-Cys/EGDE 对脆弱丝织品的加固及机理分析[J]. 蚕业科学, 2011, 27(9): 44 - 47.
ZHANG Jing, PENG Zhiqin, HU Zhiwen, et al. The consolidation effect and mechanism analysis of the vulnerable silk treated with L-Cys/EGDE [J]. Science of Sericultural, 2011, 27(9): 44 - 47.
- [5] 黄晓晔,周昉,赵丰,等. 出土丝织品团结构成分分析及开展剂模拟保护研究[J]. 纺织学报, 2012, 33(3): 83 - 88.
HUANG Xiaoye, ZHOU Yang, ZHAO Feng, et al. The component analysis and simulated conservation with peeling and unfolding agent on the unearthed concreted silk product [J]. Journal of Textile Research, 2012, 33(3): 83 - 88.
- [6] 王永礼,赵丰. 丝织品人工老化水解实验研究[J]. 丝绸, 2006(11): 49 - 52.
WANG Yongli, ZHAO Feng. The experimental investigation on artificial aging hydrolysis of silk [J]. Silk Monthly, 2006(11): 49 - 52.
- [7] 郭敏,熊涛,邱祖明,等. 古代丝织品文物霉斑清洗的生物学方法探析[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(44): 857 - 862.
GUO Min, XIONG Tao, QIU Zuming, et al. Research on moulds biological cleaning methods on the ancient silk [J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2010, 38(44): 857 - 862.
- [8] 路智勇,惠任. 纺织品文物霉害预防性控制[J]. 四川文物, 2009(3): 89 - 91.
LU Zhiyong, HUI Ren. The preventive control of mould in ancient silk [J]. Sichuan Cultural Relics, 2009(3): 89 - 91.
- [9] HARBY E Ahmed, Yassin E, Ziddan. A new approach for conservation treatment of a silk textile in Islamic Art Museum, Caïr [J]. Journal of Cultural Heritage, 2011, 12(4): 412 - 419.
- [10] SHUN Qingwu, MEI Yingli, FANG Beisong, et al. Reinforcement of vulnerable historic silk fabrics with bacterial cellulose film and its light aging behavior [J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 88(2): 496 - 501.
- [11] 张晓梅,原思训. 丝织品老化程度检测方法探讨[J]. 文物保护与考古科学, 2003, 15(1): 31 - 37.
ZHANG Xiaomei, YUAN Sixun. Research on the evaluation of the deterioration degree of silk fabrics [J]. Sciences of Conservation and Archaeology, 2003, 15(1): 31 - 37.
- [12] ZHANG Xiaomei, BERGHE Ina Vanden, WYETH Paul. Heat and moisture deterioration of raw silk estimated by amino acid analysis [J]. Journal of Cultural Heritage, 2011, 12(4): 408 - 411.
- [13] 钱飞. 桑蚕丝织物检验标准的改进[J]. 测试分析, 2011(6): 59 - 63.
QIAN Fei. The improvement of checking standard about silk fabric progress in textile [J]. Science and Technology, 2011(6): 59 - 63.