

基于近红外光谱技术的紫外光老化落叶松木材 表面材色变化的定性和定量研究

符瑞云¹, 符小慧¹, 张文博^{1,4*}, 黎冬青², 管成^{3,4}, 张厚江^{3,4}

1. 北京林业大学材料科学与技术学院, 北京 100083
2. 北京市文物建筑保护设计所, 北京 100050
3. 北京林业大学工学院, 北京 100083
4. 北京林业大学木材无损检测国际联合研究所, 北京 100083

摘要 自然光中的紫外光在木材表面产生复杂的光化学反应,是木材在自然环境中老化降解速度最快,反应最强的化学过程。基于近红外光谱(NIRs)技术探讨了落叶松表面材色在340 nm波长紫外光照射条件下的老化状况。不同时间(180, 540, 900, 1 080 h)试材弦切面经紫外光人工老化后,测量木材表面材色色度学指数,并采集NIRs信息。由NIRs二阶导数及其差谱图反映的信息,定性分析和讨论了木材表面化学组分基团的变化;定量建立基于偏最小二乘法(PLS)结合留一交叉验证的木材表面材色预测模型。结果表明:(1)随着人工老化时间延长,木材表面明度值 L^* 降低,红绿指数 a^* 与黄蓝指数 b^* 出现先增加后缓慢降低的趋势,表明发色基团的形成随着紫外光照射时间的延长而减少,在辐射时间540 h达到最大值,此外,色差值 ΔE^* 与紫外光照射时间成正相关。(2)NIRs二阶导数在6 996, 6 773以及6 287 cm^{-1} 等分别反映木材中纤维素非结晶区、半结晶区和结晶区的光谱吸光度随着老化时间的延长而增加,而5 986 cm^{-1} 反映木质素特征性谱带吸收峰随着紫外光老化时间的延长而降低,表明木质素出现降解。通过紫外光照射1 080 h与对照材的差谱分析发现,纤维素和半纤维素基团的特征峰差谱值为正,表明紫外光辐射后木材表面的纤维素和半纤维素相对含量增加,而木质素基团特征峰差谱值为负,表明经紫外光辐射后,木质素的降解导致其相对含量减少。这些结果与色度值测量结果相一致。(3)基于NIRs建立的紫外光照射落叶松表面材色预测模型中, L^* 交叉验证模型决定系数(R^2)为0.949,相对分析误差(RPD)为4.42; a^* 交叉验证模型 R^2 是0.928,RPD是3.73; b^* 的交叉验证模型 R^2 是0.831,RPD为2.43,建立的材色预测模型满足预测要求。

关键词 近红外光谱;差谱;落叶松;表面材色变化;紫外光照射

中图分类号: O657.3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2022)01-0056-06

引言

自然光中的紫外光与木材中的化学基团进行光氧化反应导致木材化学组分分解或降解,是木材变色、降解、老化的主要原因。紫外光照射下,木材产生两个光化学过程:首先,木质素中的苯环形成苯基自由基,这些自由基被氧化为发色的醌类化合物;其次,木质素中愈疮木基甘油- β -芳基醚键断裂,形成新的酚羟基以及酚羰基^[1]。有研究表明,木材色度值变化与木质素降解和羰基等发色基团的形成呈正比^[2]。

通常采用傅里叶变换红外光谱(FTIR)以及荧光光谱的

分析方法对木材表面光降解机制进行研究。使用FTIR技术观察木材表面光降解时,由于取样厚度以及厚度的均匀性,对分析结果产生很大的影响。拉曼光谱在分析木材表面的光化学作用时,由于木质素产生的荧光效应会使拉曼信号缺失。

近红外光谱(near infrared reflectance spectroscopy, NIRs)为范围12 500~4 000 cm^{-1} 、波长介于可见光与红外光之间波段的光谱总称^[3]。Tong和Mo等曾通过NIRs技术,成功分析和建立了热处理木材及竹材的表面材色定量预测模型^[4-5],所得模型具有良好的预测性能。Petrillo等通过NIRs研究了人工紫外光老化672 h云杉表面的变化,结合主成分分析了早晚材老化后色度学指数的变化^[6]。Sandak等通

收稿日期:2020-11-30,修订日期:2021-03-10

基金项目:国家科技支撑计划项目(2015BAD14B0302)资助

作者简介:符瑞云,女,1995年生,北京林业大学材料科学与技术学院硕士研究生 e-mail:458334147@qq.com

* 通讯作者 e-mail:kmwenbo@bjfu.edu.cn

过近红外高光谱成像技术研究了紫外光老化木材表面材色的时间效应以及早晚材差异,发现木材中的早材降解速度快于晚材^[7]。本研究通过 NIRs 技术,定性分析了紫外光照射落叶松木材表面化学组分的变化,结合偏最小二乘法(partial least squares, PLS),建立了化学组分变化与颜色之间的定量预测模型,国内外尚未见相关报道。

1 实验部分

1.1 材料

树龄约 50 年的落叶松[Larix gmelinii (Rupr.) Kuzen.] 气干材板材锯制成规格为 70 mm(纤维方向)×30 mm(弦向)×5 mm(径向)的片状试样。选择无树节、早晚材分布均匀的试样共 105 件,平均分为五组,其中一组为对照,其余四组试样在弦切面进行紫外光照射人工老化试验。

1.2 人工紫外加速老化测试

紫外老化测试采用美国 Q-Lab 公司生产的型号为 QUV/SPRAY 的人工加速紫外老化箱以模拟户外自然老化进程,参照标准《ASTG G154-06》进行老化试验。每个老化周期由 8 h 紫外辐射和 4 h 冷凝过程。8 h 的紫外辐射波长 340 nm,照射强度为 $0.89 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$,老化箱黑板温度为 $60 \text{ }^\circ\text{C}$;冷凝阶段紫外灯自动关闭,老化箱内部温度为 $50 \text{ }^\circ\text{C}$ 。本实验中分别在老化时间 180, 540, 900 和 1 080 h 后取出试样用于后续的色度学等检测与分析。

1.3 材色测定

通过色差仪(CM-2300d, Konica Minolta, INC, Japan)测量光老化木材各项色度学参数。每个试样上取 9 个点测量色度学参数,结果取平均值。色度学参数 ΔL^* , Δa^* , Δb^* 参照 CIE1976L* a* b* 系统确定,总色差(ΔE^*)表示光老化试样与对照组相应差值,计算公式如式(1)

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

式(1)中: ΔL^* , Δa^* 和 Δb^* 分别表示试样老化前后的明度值差、红绿值差和黄蓝值差。

1.4 近红外光谱采集

采用 MPA 型近红外光谱仪(德国 Bruker)采集近红外光谱,光谱采用直径为 20 mm 的积分球漫反射方式,波谱范围 $8\,000 \sim 4\,000 \text{ cm}^{-1}$,分辨率为 8 cm^{-1} ,每个扫描点面积约 7 mm^2 ,采用漫反射模式,每个位点自动扫描次数为 32 次,获得一张图谱。落叶松试材弦切面上采集 9 个点扫描获得光谱信息,结果取平均值。

1.5 模型建立及评价

将 105 块试材采集到的色度学参数(L^* , a^* , b^*)与其对应的近红外谱图联立,参数模型的样品数量比为校正模型:验证模型=2:1。使用 OPUS 7.6 (Bruker Optics, Germany)定量分析模块基于 PLS 建立落叶松颜色预测模型,使用留一法交叉验证(leave-one-out cross validation)检验模型。模型建立采用多种预处理方法:矢量归一、多元散射校正、一阶导数。选取决定系数(R^2)、校正均方根误差(RMSEC)、交叉验证均方根误差(RMSECV)及相对分析误差(RPD)等指标对模型进行评价。

2 结果与讨论

2.1 L^* , a^* , b^* 色度学分析

木材经 180 h 紫外光照射后,颜色从黄褐色变成棕褐色,继续经 900 和 1 080 h 照射后,最终变为深褐色、黑褐色。不同老化时间后试材颜色变化的色度学指数(L^* , a^* , b^*)变化见表 1。

表 1 未处理和光老化落叶松试材的色度学参数

Table 1 Chromaticity parameters of larch wood with and without ultraviolet light irradiation

紫外老化时间	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
未处理	72.01	11.29	23.74	—
180 h	53.61	19.57	33.96	22.62
540 h	49.04	21.07	33.97	26.98
900 h	42.78	20.88	27.73	31.02
1 080 h	39.19	19.66	23.00	33.88

由表 1 可以看出,随着照射时间的延长,明度值 L^* 持续下降,与对照材的 72.01 相比,经 1 080 h 紫外光照射后, L^* 值降至 39.19,表明落叶松表面的颜色加深约一倍。与未处理材相比较, L^* 值的变化分为两个阶段:(1)紫外照射时间 180 h 时,变化较明显,180 h→540 h 变化不大;(2)照射时间达到 1 080 h 时,再次发生明显的变化。紫外光照射使木材表面 a^* 与 b^* 明显增加,与对照材相比,木材表面变红、变黄,照射 540 h 时达到最大值,其后红色、黄色略微变浅。此外,色差值 ΔE^* 与照射时间呈正相关,随着照射时间的延长, a^* 和 b^* 增加的趋势有所减弱。上述结果表明,紫外光照射下,木材材色变红、变黄、材色加深。

2.2 NIRs 图及其二阶导数光谱分析

图 1 为谱带 $7\,100 \sim 5\,450 \text{ cm}^{-1}$ (a) 和谱带 $5\,000 \sim 4\,000 \text{ cm}^{-1}$ (b) 范围内未处理、紫外光照射至 1 080 h 试材的 NIRs 二阶导数谱。在 NIRs 区, $7\,200 \sim 6\,000 \text{ cm}^{-1}$ 范围主要表征纤维素上羟基伸缩振动一次倍频, $6\,000 \sim 5\,400 \text{ cm}^{-1}$ 范围主要表征脂肪族和芳香族 C—H 基团伸缩振动一次倍频与 O—H 基团的合频,而 $5\,000 \sim 4\,000 \text{ cm}^{-1}$ 谱带范围主要表征羟基伸缩振动与变形振动的合频、以及与次甲基各种振动模式的合频^[8]。

随着照射时间的延长,照射时间 180 和 540 h 的试材两者吸光度之间差别变化不大, $>900 \text{ h}$ 时吸光度则发生明显的变化,该结果与 2.1 中色度学的测量结果相一致。图 1(a) 中,从高波数往低波数方向,观察到 5 个明显的吸收峰,图 1(b) 中,观察到 4 个明显的吸收峰(吸收峰归属如表 2 所示)。在图 1(a, b) 中,首先,除 d 外,所有的吸收峰随照射时间延长,相应基团相对数量的增加。其次,谱带 d 为木质素芳香环骨架上 C—H 基团伸缩振动的一次倍频,该吸收峰随着紫外光老化时间的延长而降低,表明木质素相对含量减少,木质素发生降解。吸收带 a, b, c, f 和 i 归属于纤维素,随光老化时间的延长,吸光度增加,表明试材中纤维素含量均呈上

升趋势。其中 b, c 和 f 谱带中由于结晶区和半结晶区 O—H 的伸缩振动, 纤维素含量上升的趋势相对不明显。

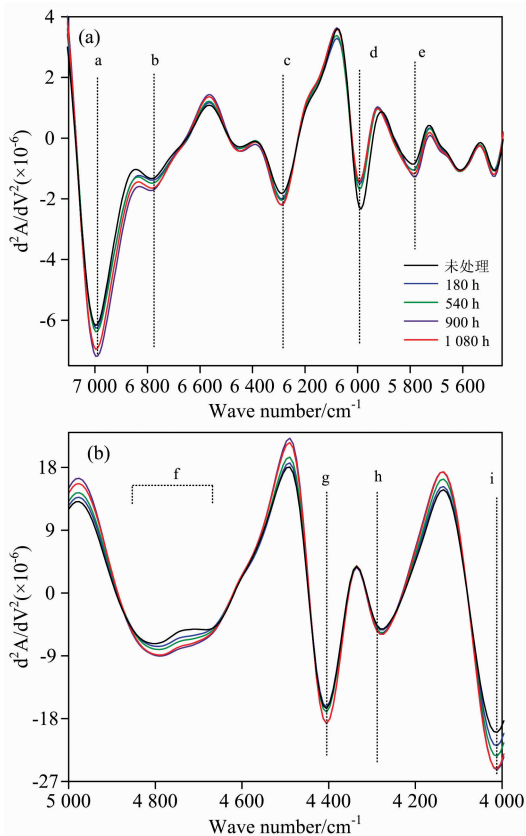


图 1 未处理和光老化落叶松试材二阶导数谱图
(a): 7 100~5 450 cm^{-1} ; (b): 5 000~4 000 cm^{-1}

Fig. 1 The NIRs second derivative spectra of larch wood with and without ultraviolet light irradiation

(a): 7 100~5 450 cm^{-1} ; (b): 5 000~4 000 cm^{-1}

表 2 落叶松典型吸收带归属

Table 2 Assignment of representative absorption bands in Larch wood

No.	波数/ cm^{-1}	吸收带归属	文献
a	6 996	1 st OT. O—H str. /纤维素非结晶区	[8]
b	6 773	1 st OT. O—H str. /纤维素半结晶区	[9]
c	6 287	1 st OT. O—H str. /纤维素结晶区	[8]
d	5 986	1 st OT. C—H str. 木质素芳香环骨架	[9]
e	5 800	1 st OT. C—H str. /半纤维素的呋喃和吡喃	[8]
f	4 852~4667	O—H str. +C—H def. /纤维素结晶区或半结晶区	[9]
g	4 404	O—H str. +C—H ₂ def. /纤维素和半纤维素	[8]
h	4 281	C—H str. +C—H def. 纤维素和半纤维素、木聚糖	[8]
i	4 019	C—H str. +C—C str. /纤维素	[8]

注: OT. (overtone): 倍频; str. (stretching vibration): 伸缩振动;
+: 组合频; def. (deformation vibration): 变形振动

2.3 近红外二阶导数光谱及差谱分析

通过对照材二阶导数谱带减去 1 080 h 试材二阶导数谱带, 获得 NIRs 二阶导数差谱, 见图 2。差谱体现木材化学组分相对含量的增加或减少, 正值表示相对含量的增加, 负值表示相对含量的减少。图 2(a, b) 分别表示光谱范围 7 100~5 450 和 5 000~4 000 cm^{-1} 的差谱(虚线)和二阶导数光谱(实线), 字母编号见表 2。

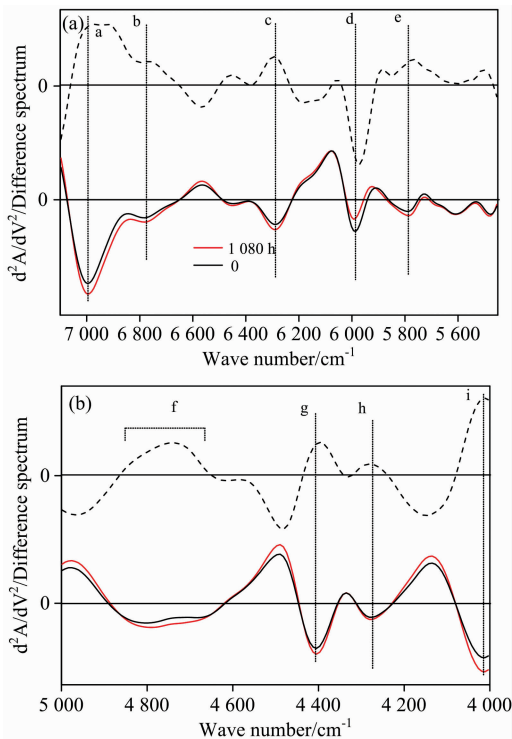


图 2 未处理和紫外光照射 1 080 h 试材差谱(虚线)及其近红外二阶导数图(实线)

(a): 7 100~5 450 cm^{-1} ; (b): 5 000~4 000 cm^{-1}

Fig. 2 The NIRs difference spectrum (dotted line) and Second-derivative spectra (solid lines) of without and with ultraviolet light irradiation of 1 080 h

(a): 7 100~5 450 cm^{-1} ; (b): 5 000~4 000 cm^{-1}

图 2(a) 中, 二阶导数谱带出现的 5 个吸收峰谱带, 分别位于 6 996, 6 773, 6 287, 5 986 和 5 800 cm^{-1} 处。其中, 6 996 cm^{-1} 为纤维素的非结晶区自由羟基以及弱氢键结合的羟基伸缩振动一次倍频, 谱带 6 773 和 6 287 cm^{-1} 分别表示纤维素半结晶区和结晶区羟基伸缩振动的一次倍频, 而 5 800 cm^{-1} 则表示半纤维素中呋喃环上 C—H 伸缩振动的一次倍频。上述表示木材纤维素以及半纤维素的各个吸收谱带特征峰差谱均为正值, 表明紫外光辐射使木材表面纤维素和半纤维素相对含量增加。谱带 5 986 cm^{-1} 处为木质素芳香环骨架上 C—H 伸缩振动一次倍频, 该处差谱值为负, 表明木质素相对含量降低。图 2(b) 中, 二阶导数谱带出现 4 个吸收谱带, 分别位于 4 852~4 667, 4 404, 4 281 和 4 019 cm^{-1} 处, 均归属于纤维素或半纤维素中相应基团的伸缩振动或者变形振动。由差谱图(虚线)可知, 以上 4 个吸收谱带均为正

值,表明经紫外光照射后,落叶松表面纤维素和半纤维素相对含量均有增加。上述 NIRs 分析结果表明,紫外光照射木材表面木质素发生降解,而纤维素和半纤维素的相对含量则增加。有研究表明,木材表面经紫外光老化后,以木质素为主,纤维素和半纤维素将出现不同程度的降解^[10]。本研究中,通过差谱观察到木质素降解、相对含量减少外,纤维素和半纤维等多糖类组分的解聚没有体现在 NIRs 所反映的信息中,考虑该结果归结于木质素降解的速度较快,而多糖类

组分发生不同程度的解聚时,由于速度较慢,则随着木质素的降解,多糖类组分相对含量增加。

2.4 紫外光照射木材的 NIRs 材色定量预测模型

PLS 结合适宜预处理方法能减少基线漂移、降噪等影响,使建立的模型更稳健。根据 1.5 节建模及评价方法,选择低的 RMSECV, 低维数, 高 R^2 参数作为预测模型评价参数。表 3 列出了落叶松材色预测模型的各项参数,参考 Zor-noza 等的研究总结^[11]。

表 3 落叶松试材颜色参数预测模型的各项参数
Table 3 Detailed parameters of color prediction models of larch wood

参数	预处理方法	光谱范围/ cm^{-1}	维数	R_c^2	R_v^2	RMSEC	RMSECV	RPD _C	RPD _V
L^*	矢量归一	6 102~4 598	10	0.970 8	0.948 8	2.14	2.68	5.85	4.42
	一阶导数	5 450~4 598							
	多元散射校正	4 602~4 247							
a^*	一阶导数	5 450~4 598	9	0.954 2	0.928 0	0.878	1.04	4.67	3.73
		6 102~5 446							
b^*	一阶导数	5 450~4 247	9	0.9448	0.831 0	1.31	2.18	4.26	2.43
		6 102~5 446							

注: C: 校正模型; V: 交叉验证模型

在本研究中,色度学参数 L^* , a^* , b^* 在适宜的光谱范围及预处理方法内所建预测模型的 R_v^2 和 RPD_v 分别为 0.948 8 和 4.42; 0.928 0, 3.73 和 0.831 0, 2.43。 L^* 和 a^* 预测模型均为“优秀”; b^* 预测模型介于“好”及“还可以”之间。

对颜色参数测量-预测模型进行拟合得到线性关系图(图 3)。图中 L^* 和 a^* 预测值与测量值散点靠近斜率为 45° 直线,

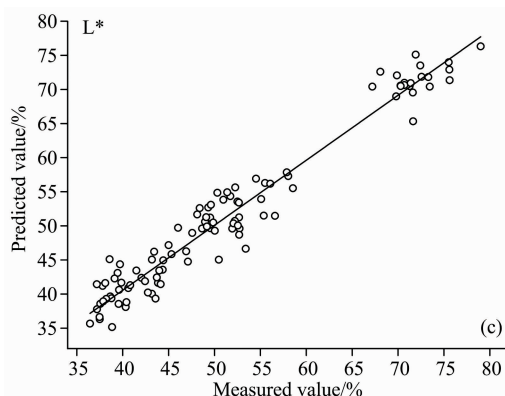
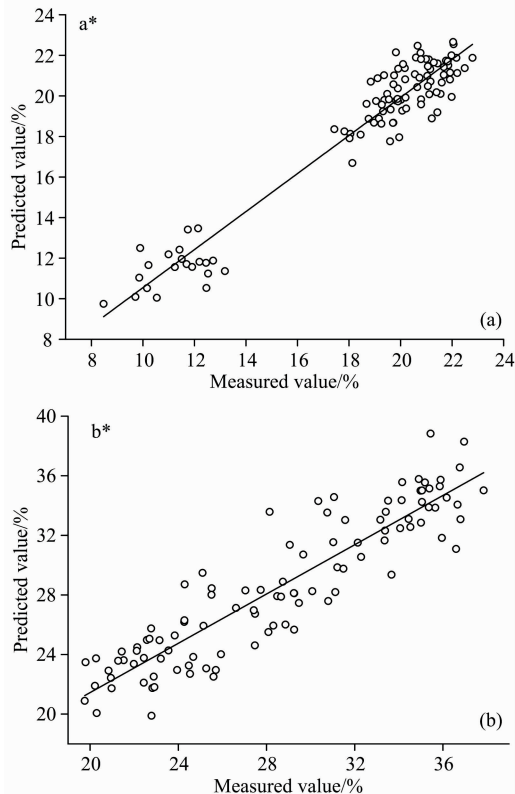


图 3 色度学参数 a^* , b^* , L^* (a, b, c) 预测值和测量值相关关系图

Fig. 3 Correlation between colorimetric parameters values a^* , b^* , L^* (a, b, c) measured value and predicted value

表明所构建的模型具有准确回归结果和良好的预测精度, b^* 相对分散。本研究对老化落叶松表面材色建立的 NIRs 定量预测模型, 满足木材颜色测定的要求。

3 结 论

使用 NIRs 对紫外光照射下落叶松木材表面化学基团的变化进行了定性分析, 基于 PLS 结合留一交叉验证建立材色定量预测模型。结果表明: (1)900 h 照射时, 木材化学组分的相对含量增加, 与色度学指数的变化相一致; (2)随着紫外光照射时间延长, 木材表面纤维素和半纤维素含量出现不同程度增加, 而木质素相对含量降低, 是木材发生颜色变化的主要原因; (3)对于建立的 L^* 和 a^* 预测模型, R^2 和 RPD

分别大于 0.90 和 3, 预测结果优秀, 模型满足紫外光老化木材表面材色的预测要求分析测定。

本研究通过 NIRs 技术, 从定性和定量两个方面对紫外光老化落叶松木材的表面化学基团变化以及表面材色预测模

型的建立和评价进行了研究。随着紫外光照射时间的延长, L^* 逐渐降低, 而 a^* 和 b^* <540 h 时逐渐增加, 之后则降低, 本实验结果与木材表面化学组分基团的变化以及对预测模型 b^* 的影响还有待于深入研究。

References

- [1] Lv Y D, Huang Y J, Yang J L, et al. *Polymer Degradation and Stability*, 2015, 112: 145.
- [2] Cogulet A, Blanchet P, Landry V. *Journal of Photochemistry and Photobiology. B, Biology*, 2016, 158: 184.
- [3] Ozaki Y. *Near-Infrared Spectroscopy*, 1st ed. Tokyo: Koudansha, 2015. 7.
- [4] Tong L, Zhang W B, Lu W. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 2016, 24(6): 563.
- [5] Mo J Q, Zhang W B, Fu X H, et al. *Journal of Near Infrared*, 2020, 28(4): 214.
- [6] Petrillo M, Sandak J, Grossi P, et al. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 2019, 27(1): 26.
- [7] Sandak A, Sandak J, Burud I, et al. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 2016, 24(6): 549.
- [8] Schwanninger M, Rodrigues J C, Fackler K. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 2011, 19(5): 287.
- [9] Fackler K, Schwanninger M. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 2011, 19(5): 359.
- [10] Sebnem S A, Eylem D T, Mahmut A E, et al. *Polymer Degradation and Stability*, 2021, 183(2): 109415.
- [11] Zornoza R, Guerrero C, Mataix S J, et al. *Soil Biology and Biochemistry*, 2008, 40(7): 1923.

A Qualitative and Quantitative NIRs Study on Larch Wood Surface Color Change by UV Light Irradiation

FU Rui-yun¹, FU Xiao-hui¹, ZHANG Wen-bo^{1,4*}, LI Dong-qing², GUAN Cheng^{3,4}, ZHANG Hou-jiang^{3,4}

1. College of Material Science and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

2. Beijing Research Institute of Historic Architecture Conservation & Design, Beijing 100050, China

3. College of Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

4. Joint International Research Institute of Wood Nondestructive Testing and Evaluation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

Abstract Among environmental degradation of wood, photodegradation originated mainly by ultraviolet light is the fastest and the strongest chemical reaction process. This work on the base of near-infrared spectroscopy (NIRs) technology studied color changes of Larch wood surface irradiated by UV light with 340 nm wavelength. At different times (180, 540, 900, 1 080 h), the wood surface colorimetric index was measured and NIRs information was collected after ultraviolet light. Qualitatively chemical group changes of the wood surface were discussed according to collecting NIRs 2nd derivative spectra and their difference spectra. Quantitatively, the prediction of color the UV-irradiated wood surface were constructed using partial least squares regression method combined with leave-one-out cross-validation process. The results can be drawn as follows: (1) The color changes for UV light irradiated larch wood surface showed that lightness (ΔL^*) decreases, whereas a^* and b^* showed increasing then decreased slowly, indicating chromatic groups formed and then decreased with prolonged irradiation time. ΔE^* increase with increasing irradiation time. (2) The amorphous, semi-crystalline and crystalline wood surface occurred at the wavenumbers of 6 996, 6 773 and 6 287 cm^{-1} , respectively increased with prolonged UV-irradiation time. The wavenumber at 5 986 cm^{-1} assigned to lignin, however, decreased with increasing UV light irradiation time to some degree. Furthermore, the difference spectra between 1 080 h UV light irradiation and control found that the positive values representing cellulose and hemicellulose showed quantitative increment, the negative value representing lignin showed a quantitative decrement in relative content, respectively. (3) The color prediction models established by NIRs information in combination with measuring the L^* , a^* , b^* showed that the determined coefficient (R^2) and Ratio of performance to deviation (RPD) were 0.949 and 4.42, 0.928 and 3.73, 0.831 and 2.43 for L^* , a^* and b^* , respectively. These results confirmed that the proposed models, especially L^* and a^* models, were perfectly suitable for the in-process inspections of the UV-irradiation wood surface color and chemical content changes.

Keywords Near infrared spectroscopy; Difference spectra; Larch wood; Surface color change; UV light irradiation

* Corresponding author

(Received Nov. 30, 2020; accepted Mar. 10, 2021)

《光谱学与光谱分析》投稿简则

《光谱学与光谱分析》是由中国科协主管,中国光学学会主办,钢铁研究总院、中国科学院物理研究所、北京大学、清华大学共同承办的专业学术期刊。国内外公开发行人,从 2004 年起为月刊,大 16 开本,每期 332 页。《光谱学与光谱分析》主要报道我国光谱学与光谱分析领域内具有创新性科研成果,及时反映国内外光谱学与光谱分析的进展和动态;发现并培育人才;推动和促进光谱学与光谱分析的发展。为科教兴国服务。读者对象为从事光谱学与光谱分析的科研人员、教学人员、分析测试人员和科研管理干部。

栏目设置和要求

1. 研究报告 要求具有创新性的研究成果,一般文章以 8000 字(包括图表、参考文献、作者姓名、单位和中文、英文摘要,下同)为宜。
2. 研究简报 要求在前人研究的基础上有重大改进或阶段性研究成果,一般不超过 5000 字。
3. 评述与进展 要求评述国内外本专业的发展前沿和进展动态,一般不超过 10000 字。
4. 新仪器装置 要求介绍新型光谱仪器的研制、开发、使用性能和应用,一般不超过 5000 字。
5. 来稿摘登 要求测试手段及方法有改进并有应用交流价值,一般以 3000~4000 字为宜。

稿件要求

1. 投稿者请经本刊编委(或历届编委)一人或本专业知名专家推荐,并附单位保密审查意见及作者署名顺序,主要作者介绍。文章有重大经济效益或有创新者,请说明,同时注明受国家级基金或国家自然科学基金资助情况。
2. 来稿要观点明确、数据真实可靠、层次分明、言简意明、重点突出。来稿必须是网上在线投稿(含各种符号和外文字母大写、小写、正体、斜体;希腊字母、拉丁字母;上角、下角标位置应标清楚)。中文摘要以 800 字为宜,英文摘要(建议经专业英语翻译机构润色)与中文摘要要对照;另附关键词。要求来稿应达到“齐、清、定”,中文、英文文字通顺,方可接受送审。
3. 为了进一步统一和完善投稿方式、缩短论文发表周期,本刊只接收网上在线投稿,不接收以邮寄方式或 e-mail 方式的投稿,严禁“一稿多投”,对侵权、抄袭、剽窃等学术不端行为,一经发现,取消三年投稿资格。
4. 文中插图要求完整,图中坐标、线条、单位、符号、图注等应标注准确、完整。如作者特殊要求需出彩色插图者,必须在投稿时事先加以说明,并承担另加的彩印费用。图幅大小:单栏图 7.5cm(宽)×6cm(高);双栏图:14cm(宽)×6cm(高);图中数字、图题、表题全部用中文、英文对照,图中数字、中文、英文全用 6 号字。电子文档中除实物图外,曲线图要用 Matlab, Excel, Visio 或 Origin 等软件制作,稿件中图片的原图并转成相应(可编辑)的文件格式(.fig, .xls, .vsd, .opj),非“.jpg”格式的文档,随电子版修改稿一同发送到本刊的修改稿专用邮箱。
5. 文中出现的单位必须按“中华人民共和国计量标准”及有关 GB 标准规定缮写。物理量符号一律用斜体,单位符号和词头用正体字母。
6. 名词术语,请参照全国科学技术名词规定缮写。
7. 参考文献,采用顺序编码制,只列主要文献;以 15~20 条为宜。内部资料、私人通讯、未经公开发表的一律不能引用。日文、俄文等非英文文献,请用英文表述;中文文献和中文图书采用中、英文对照表述,文献缮写格式请参照本刊。
8. 请在投稿第一页左下角写明投稿联系人的电话和两个 e-mail,以便及时联系。

稿件处理

1. 自收到稿件之日起,一个月内作者会收到编辑部的稿件处理意见。请根据录用通知中所提出的要求认真修改,希望修改稿在 30 天内寄回编辑部,并作为作者最终定稿(当作者接到校样时,以此修改稿为准进行校对,请勿再做大的改动),若二个月内编辑部没收到修改稿,将视为自行撤稿处理。
2. 有重大创新并有基金资助者可优先发表;不录用的稿件,编辑部将尽快通知作者,底稿一律不退,请自留底稿。
3. 来稿一经发表将酌致稿酬并送样刊 2 册。
4. 遵照《中华人民共和国著作权法》,投稿作者须明确表示,该文版权(含各种媒体的版权)授权给《光谱学与光谱分析》期刊社。国内外各大文献检索系统摘录本刊刊出的论文;凡不同意被检索刊物无稿酬摘引者,请在投稿时事先声明,否则,本刊一律认为已获作者授权认可。
5. 修改稿请寄:100081 北京市海淀区学院南路 76 号(南院南门),《光谱学与光谱分析》期刊社(收)

电话:010-62182998 或 62181070

传真:010-62181070

e-mail: chngpxygpfx@vip.sina.com; 修改稿专用邮箱: gp2008@vip.sina.com 网址: http://www.gpxygpfx.com