

荧光光谱技术的交趾黄檀和奥氏黄檀树种识别新方法

王金砖^{1,2}, 刘彬¹, 杜海慧¹, 梁峙¹, 赵颖峰¹, 赵越¹, 张明哲³, 王立坤¹

1. 南京市产品质量监督检验院, 江苏 南京 210028
2. 南京大学化学化工学院, 江苏 南京 210023
3. 浙江省检验检疫科学技术研究院, 浙江 杭州 311215

摘要 自然界植物物种中存在小分子有机化合物的荧光特征信息用于识别其身份具有潜在的应用价值。目前, 基于木材解剖学特征的交趾黄檀和奥氏黄檀木材树种鉴定存在一定的局限性。该研究从荧光特征出发探索两个红木树种的识别新方法。分别对5组交趾黄檀和5组奥氏黄檀木材样品中的荧光物质进行完整提取, 通过荧光照片、二维荧光谱图、三维荧光谱图对两个红木样品存在的荧光物质种类和数量进行了确认。荧光照片结果显示交趾黄檀和奥氏黄檀均呈现明显的荧光特征且随着存贮时间的变化荧光物质能够稳定存在; 二维荧光谱图和三维荧光谱图更加详细地展示了两个树种各自的荧光特征, 结果显示交趾黄檀提取液含有一种荧光物质, 该物质的最大激发波长为297 nm, 最大荧光发射波长为327 nm; 奥氏黄檀提取液的荧光谱图呈现两个最大激发和两个最大发射, 最大激发波长分别为317和333 nm, 最大荧光发射波长分别为342和358 nm, 表明奥氏黄檀提取液中包含两种荧光物质或者存在一种含两种荧光团的荧光物质。另外, 不同来源的两个红木试样存在的荧光物质数量和特征各自具有明显的一致性, 且两种树种之间存在明显的区别, 表明荧光特征能够用于它们身份的识别。此外, 该研究构建了交趾黄檀和奥氏黄檀两个红木树种的荧光物质提取方法, 交趾黄檀荧光物质的最佳提取试剂为乙腈, 体积比为10:1的乙酸乙酯和乙腈混合试剂更加适用于奥氏黄檀, 且两种荧光物质的提取均在12 h内达到稳定。研究结果表明荧光光谱技术能够用于交趾黄檀和奥氏黄檀的识别与鉴定, 该方法在红木树种的鉴定具有十分重要的应用价值。

关键词 荧光光谱技术; 交趾黄檀; 奥氏黄檀; 识别新方法

中图分类号: O657.3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2019)07-2182-08

引言

交趾黄檀(*Dalbergia cochinchinensis* Pierre)和奥氏黄檀(*Dalbergia oliveri* Prain)同属于黄檀属木材, 但是两个树种木材国内贸易价格相差明显。2017年1月2日正式执行的第17届国际濒危野生动植物国际贸易公约(CITES)组织缔约方大会通过的附录I和附录II修改的内容, 全部黄檀属均列入附录II(已经列入附录I的除外)^[1], 表明黄檀属的木材树种需要加强交易管制以避免影响到其物种的存续。对于交易管制和木材树种保护^[2]工作来说, 至关重要的环节就是树种识别与鉴定。目前国际上木材树种识别最普遍的方法是木材宏观及微观构造特征技术, 木材解剖专业技术人员根据红木木材纹理、色泽、气味等宏观特征以及木材常规的射线叠生、轴向薄壁组织、附物纹孔、管孔排列等显微特征进行观

测^[3], 并对照国际木材解剖学家协会(IAWA)的木材宏观及微观结构特征数据库进行红木树种的识别与鉴定, 然而对于交趾黄檀和奥氏黄檀两个木材树种很难准确鉴定到种, 因为它们传统的微观显微结构非常相近, 基于木材的解剖学特征进行鉴定的方法存在一定的局限性。因此寻找其他特征性质用于上述两个红木树种的识别具有非常重要的理论意义和实用价值。

近年来, 为了实现红木树种的准确识别与鉴定, 不同领域的科学家在红木解剖学特征技术识别的基础上运用现代科学技术开展了红木树种识别与鉴定的研究工作, 最值得关注的是木材基因测序工程。研究者根据特定基因序列差异, 利用生物信息学工具对物种进行分类并构建脱氧核糖核酸(DNA)条形码数据库, 该研究是生物技术领域进展迅速的前沿之一。例如, Ugochukwu^[4]、伏建国^[5]、Kang^[6]、高连明^[7]、Dong^[8]等开展的基于物种间基因序列差异的分子生物

收稿日期: 2018-05-31, 修订日期: 2018-10-12

基金项目: 国家重点研发计划质量基础专项(2017YFF0210304), 江苏省质量技术监督局重点科技项目(KJ155424)资助

作者简介: 王金砖, 1982年生, 南京市产品质量监督检验院高级工程师 e-mail: wangjinzhuan33@163.com

学技术已成为木材鉴别的新策略之一,而且一些红木盛产国已经将此项工作列为国家研究工程(例如巴西)^[9]。然而,该类技术在研究和应用过程中面临一些困境,首先木材中多为死细胞,DNA 降解严重,提取的 DNA 质量不高,这种情况在经过干燥处理的木材表现更为突出;其次,常用的植物条形码标记多为质体基因,木材树干中叶绿体含量很少,质体多以淀粉体而非叶绿体的形式存在^[10],导致目标基因的扩增率低。相关研究成果广泛应用于解决当前濒危红木资源保护问题仍需大量的研究工作要完善^[11]。因而,很多研究人员从红木树种的其他特征展开了相关研究工作,试图寻找红木树种识别与鉴定的新方法,例如,Huang 等基于傅里叶红外光谱和二维红外光谱的研究寻找檀香紫檀、降香黄檀、非洲紫檀^[12]光谱区别,实现了这三种红木的识别与鉴定。沈明月等^[13]利用高效液相色谱(HPLC)和气相色谱(GC)技术研究了花梨木和黑酸枝木 HPLC 和 GC 的指纹谱图,同时结合主成份分析实现了 4 种红木树种的识别与鉴定。然而,针对交趾黄檀和奥氏黄檀木材树种的识别研究很少。相关的研究资料显示^[14],当前研究人员对红木树种荧光特征的研究只是简单通过肉眼观察红木木屑水浸出液有无荧光,并没有对这些荧光特征包含的其他丰富信息进行系统研究并更好地运用相关信息进行红木树种的识别与鉴定。因此,本文针对红木中存在有机小分子化合物的荧光特征信息进行研究,通过存在的荧光物质的数量、最大激发波长、最大发射波长、斯托克斯位移、二维荧光谱图、三维荧光谱图等特征信息,探索交趾黄檀和奥氏黄檀两个木材树种识别与鉴定的新方法,该方法的建立对于红木树种的识别与鉴定将发挥十分重要的作用。

1 实验部分

1.1 仪器及参数

爱丁堡一体化稳态瞬态荧光光谱仪 FS5-NIR,发射光波长范围:230~1 100 nm。

1.2 化学试剂及红木样品

乙醇、乙酸乙酯、乙腈、正己烷等化学试剂均为色谱纯,乙酸乙酯和乙腈混合试剂(按照体积比计算乙酸乙酯:乙腈=10:1),实验用水为 Milli-Q 级纯。研究所用的交趾黄檀和奥氏黄檀样品来自南京林业大学、南京市产品质量监督检验院、厦门市产品质量监督检验研究院等,选择的五种交趾黄檀和奥氏黄檀依次编号为 JZHT-1, JZHT-2, JZHT-3, JZHT-4, JZHT-5, ASHT-1, ASHT-2, ASHT-3, ASHT-4, ASHT-5。

1.3 样品制备和荧光化合物提取

选择交趾黄檀和奥氏黄檀木材心材样品,用刀具在新切口面取碎屑 100 mg,置于 4 mL EP 管中,加入色谱纯化学试剂,盖上盖子并用封口膜进行密封。在室温下摇床中浸泡 12 h,期间每隔 1 h 进行超声 10 min,得到木材样品的提取液。

1.4 不同储存时间红木样品荧光化合物提取

将从交趾黄檀和奥氏黄檀木材上切下的碎屑在室温下放置,间隔 1 年称取 100 mg 试样按照步骤 1 进行荧光物质的

提取,得到木材样品的提取液。

2 结果与讨论

2.1 荧光物质提取溶剂的选择

荧光物质通常为有机小分子化合物,其极性强弱与其分子量的大小、极性基团存在的多少关系重大^[15]。根据极性相似相溶原理,本文选取了极性不同的化学试剂进行两种红木样品荧光物质的提取,并运用超声波萃取技术提高目标化合物的提取效率。在相同提取时间的情况下观察不同极性溶剂的提取效果,选择试剂包括正己烷、乙酸乙酯、乙腈、乙醇和水,对交趾黄檀(JZHT-1)和奥氏黄檀(ASHT-1)红木样品进行荧光物质提取液进行拍照(365 nm 光照射),结果如图 1 和图 2。图 1 结果显示,交趾黄檀样品选用正己烷、水作为提取溶剂,对应的荧光照片观察不到荧光现象,表明没有荧光物质被提取出来,而用乙酸乙酯、乙腈、乙醇作为提取溶剂,三种试剂的提取液均呈现出明显的荧光,其中乙腈和乙醇的提取液在 365 nm 紫外光照射下呈现的荧光更亮,表明交趾黄檀样品中存在的荧光物质能够被有效提取,而乙酸乙酯提取液荧光相对弱一些。由于乙醇存在活泼氢,容易与一些荧光小分子化合物分子间形成氢键对荧光谱图产生影响^[16],因此选择乙腈作为交趾黄檀样品荧光物质的提取试剂。不同溶剂提取奥氏黄檀样品荧光物质的结果如图 2 所示,结果表明用正己烷、水作为提取溶剂,同样没有荧光物质被提取出来,对应的荧光照片观察不到荧光现象,而用乙酸乙酯、乙腈、乙醇作为提取试剂,三种试剂的提取液均呈现出明显的荧光,其中乙酸乙酯和乙腈作为试剂的提取液荧光更明显,表明这两种试剂更加适用于奥氏黄檀样品中荧光物质的提取。综上,交趾黄檀样品中荧光物质的最佳提取试剂为乙腈,奥氏黄檀样品中荧光物质最佳提取试剂是乙酸乙酯和乙腈的混合试剂,优化的体积混合比例为 10:1。同时研究表明使用正己烷和水作为提取溶剂,两种红木树种样品均没有荧光物质被提取,最为重要的是国家标准 GB/T 18107 中没有对这两个树种的存在荧光现象进行描述,而本研究证明了上述两个树种样品中均有荧光物质的存在。

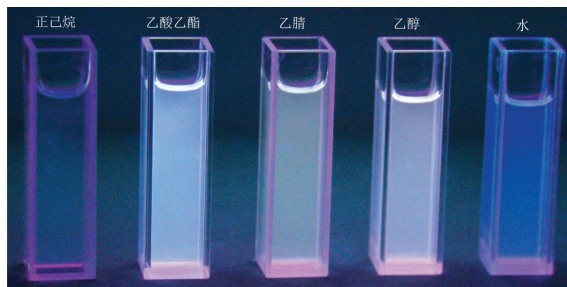


图 1 不同试剂的交趾黄檀(JZHT-1)样品提取 12 h 的提取液荧光照片(365 nm 光照射)

Fig. 1 The fluorescence photographs (365 nm light irradiation) of the extract solution are obtained by soaking *Dalbergia cochinchinensis* Pierre (JZHT-1) sample in different reagent for 12 hours

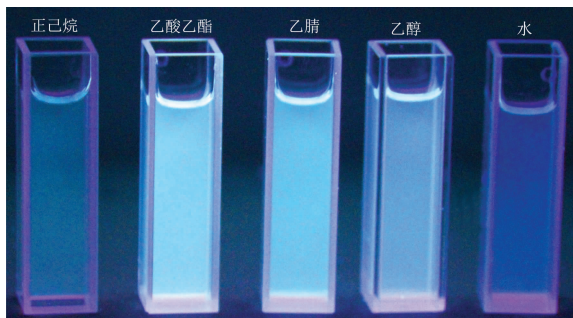


图 2 不同试剂的奥氏黄檀 (ASHT-1) 样品提取 12 h 的提取液荧光照片 (365 nm 光照射)

Fig. 2 The fluorescence photographs (365 nm light irradiation) of the extract solution are obtained by soaking *Dalbergia oliveri* Prain (ASHT-1) sample in different reagent for 12 hours

2.2 交趾黄檀和奥氏黄檀存在的荧光物质稳定性研究

小分子荧光物质通常为有机化合物, 荧光物质的发射波长越长, 共轭化学键越长, 化合物稳定性变差^[17]。为了研究交趾黄檀和奥氏黄檀样品中存在的荧光物质的稳定性, 本文选择相同的提取条件对储存不同时间 (0 年、1 年、2 年) 的红木样品进行荧光物质的提取并通过荧光照片观察其荧光现象是否稳定存在, 结果如图 3 和图 4。

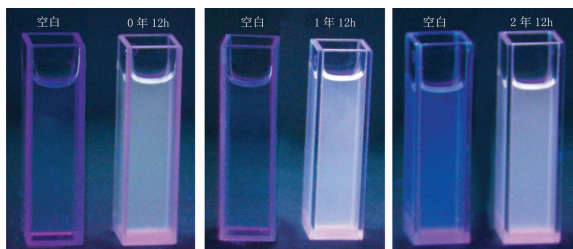


图 3 室温条件下放置时间 0 年、1 年、2 年交趾黄檀样品的乙腈提取剂提取 12 h 的提取液荧光照片 (365 nm 光照射)

Fig. 3 The fluorescence photographs (365 nm light irradiation) of the extract solution are obtained by soaking *Dalbergia cochinchinensis* Pierre sample in acetonitrile for 12 hours; The sample of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre is stored for 0, 1 and 2 years at the room temperature

图 3 和图 4 结果显示, 交趾黄檀和奥氏黄檀样品在室温下存放 0 年、1 年和 2 年的时间, 其荧光物质提取液在 365 nm 光照射下均呈现出明显的荧光, 交趾黄檀提取物质荧光的颜色为浅绿色, 奥氏黄檀提取物质荧光的颜色为浅蓝色; 且不同存放时间的两种红木试样提取液的荧光强弱没有明显变化, 表明交趾黄檀和奥氏黄檀样品中存在的荧光物质能够长时间保持其化学稳定。这一研究结果表明荧光特征信息对于长时间放置的红木树种样品识别与鉴定具有潜在的应用价值。

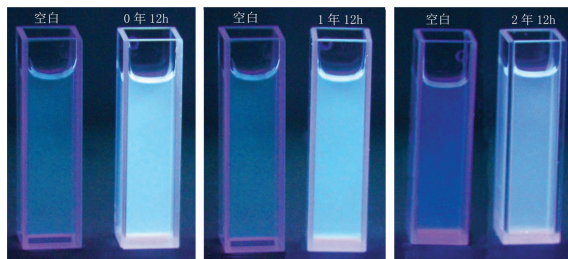


图 4 室温条件下放置时间 0 年、1 年、2 年奥氏黄檀 (ASHT-1) 样品的混合试剂提取 12 h 的提取液荧光照片 (365 nm 光照射), 混合试剂为乙酸乙酯和乙腈按体积比 10 : 1 制备

Fig. 4 The fluorescence photographs (365 nm light irradiation) of the extract solution are obtained by soaking *Dalbergia oliveri* Prain sample in mixed reagent for 12 hours; The sample of *Dalbergia oliveri* Prain is stored for 0, 1 and 2 years at the room temperature; The mixed reagent is prepared according to the volume ratio of ethyl acetate and acetonitrile equals 10 : 1

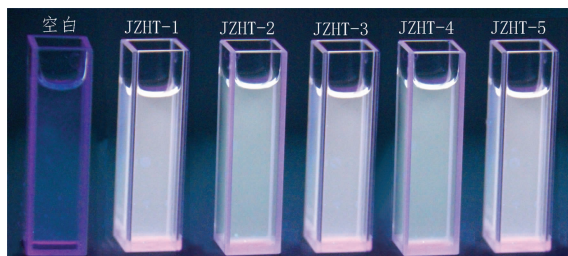


图 5 不同来源的 5 种交趾黄檀样品乙腈提取 12 h 的提取液荧光照片 (365 nm 光照射)

Fig. 5 The fluorescence photographs (365 nm light irradiation) of the extract solution are obtained by soaking five wood samples of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre from different areas in acetonitrile for 12 hours

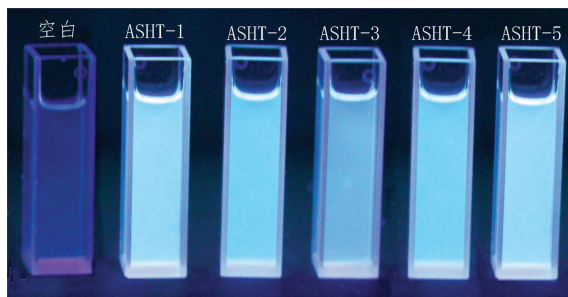


图 6 不同来源的 5 种奥氏黄檀样品混合试剂提取 12 h 的提取液荧光照片 (365 nm 光照射), 混合试剂为乙酸乙酯和乙腈按体积比 10 : 1 制备

Fig. 6 The fluorescence photographs (365 nm light irradiation) of the extract solution are obtained by soaking five wood samples of *Dalbergia oliveri* Prain from different areas in mixed reagent for 12 hours; The mixed reagent is prepared according to the volume ratio of ethyl acetate and acetonitrile equals 10 : 1

2.3 不同来源的交趾黄檀和奥氏黄檀宏观荧光一致性

不同来源、相同红木树种荧光特征信息的一致性是本研究适用性的关键。本文通过采用相同的溶剂提取不同来源的交趾黄檀(来源为 JZHT-1, JZHT-2, JZHT-3, JZHT-4, JZHT-5)和奥氏黄檀(来源为 ASHT-1, ASHT-2, ASHT-3, ASHT-4, ASHT-5)木材样本中的荧光物质,在 365 nm 紫外光照射下拍摄照片,结果如 5 和图 6。图 5 和图 6 结果显示,无论是交趾黄檀样品的乙腈提取液还是奥氏黄檀样品的乙酸乙酯和乙腈混合提取液均呈现出明显的荧光,且不同来源的交趾黄檀和奥氏黄檀在 365 nm 紫外光激发下呈现的荧光颜色和亮度存在明显的一致性。

2.4 不同来源的交趾黄檀和奥氏黄檀提取液的二维荧光谱图一致性

交趾黄檀和奥氏黄檀提取液的荧光照片特征信息只能观察到样品的宏观荧光现象,而且样品提取液中存在的大量其他化学抽提物^[18],可能对呈现的荧光现象产生一定的影响,因此研究它们更加详细稳定的荧光特征信息对于其树种识别与鉴定具有重要的意义。通常有机化合物的荧光是非常灵敏的,浓度增大将导致产生的荧光猝灭,因此进行荧光谱图测

试需要对试样进行稀释,同时考虑溶剂会对荧光谱图产生一定的影响,因此选择相同的溶剂(乙酸乙酯)作为基体溶液进行荧光谱图测试。

取 50 μL 交趾黄檀(来源为 JZHT-1, JZHT-2, JZHT-3, JZHT-4, JZHT-5)的乙腈提取液,用 4 mL 乙酸乙酯稀释得到交趾黄檀稀释液;同理,取 50 μL 奥氏黄檀(来源为 ASHT-1, ASHT-2, ASHT-3, ASHT-4, ASHT-5)的乙酸乙酯和乙腈混合试剂的提取液,用 4 mL 乙酸乙酯稀释得到奥氏黄檀稀释液。交趾黄檀稀释液和奥氏黄檀稀释液荧光谱图测试条件的激发光波长范围为 260~350 nm,发射光谱波长范围为 280~450 nm,结果如图 7 和图 8 所示。图 7 结果显示交趾黄檀提取液的最大激发波长为 297 nm,其最大荧光发射波长为 327 nm,在其他波长位置没有观察到荧光发射峰出现,表明交趾黄檀提取液中仅存在一种荧光化合物,斯托克斯位移为 30 nm。图 8 结果显示奥氏黄檀存在两个最大激发和两个最大发射荧光谱图,其中最大激发波长分别为 317 和 333 nm,最大荧光发射波长分别为 342 和 358 nm,表明奥氏黄檀提取液中存在两种荧光物质或者存在一种含两种荧光团的荧光物质,而且荧光非常明显,最为重要的是二维

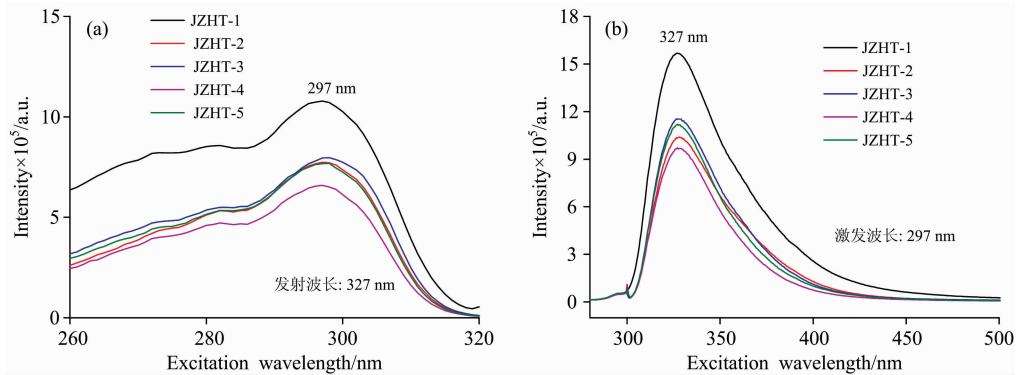


图 7 乙腈提取剂的 5 种不同来源交趾黄檀样品提取 12 h 的提取液二维荧光谱图

Fig. 7 Two-dimensional fluorescence spectrum of the extract solution are obtained by soaking five kinds of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre from different areas in acetonitrile for 12 hours

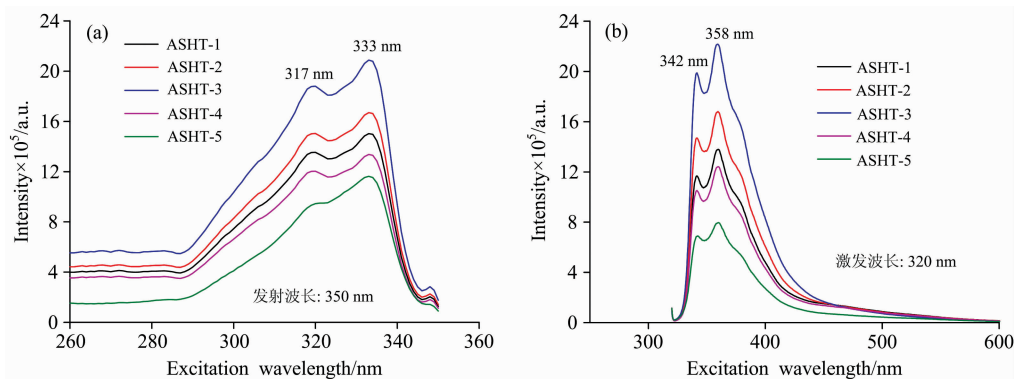


图 8 混合提取剂的 5 种不同来源奥氏黄檀样品提取 12 h 的提取液二维荧光谱图;混合试剂为乙酸乙酯和乙腈按体积比 10 : 1 制备

Fig. 8 Two-dimensional fluorescence spectrum of the extract solution are obtained by soaking five kinds of *Dalbergia oliveri* Prain from different areas in mixed reagent for 12 hours; The mixed reagent is prepared according to the volume ratio of ethyl acetate and acetonitrile equals 10 : 1

荧光光谱图比荧光照片能够提供两个树种更加详细的荧光特征信息,为两个红木树种的识别与鉴定提供更加有力的支撑,确保树种识别与鉴定的准确性、可靠性。图中结果显示不同来源的交趾黄檀和奥氏黄檀样品之间二维荧光光谱图存在明显的一致性,并且具有各自的特征,可以作为它们各自的特征信息用于其树种识别和鉴定。结果显示两个红木树种的 5 个

样品提取液的荧光强度存在不同,产生这种现象原因可能是不同木材样本之间存在的荧光物质含量不同,导致提取进入试液中的荧光物质含量存在差异;另外,提取液中浸出的其他有机化合物对产生的荧光存在吸收现象,这些将直接影响荧光强度的变化。

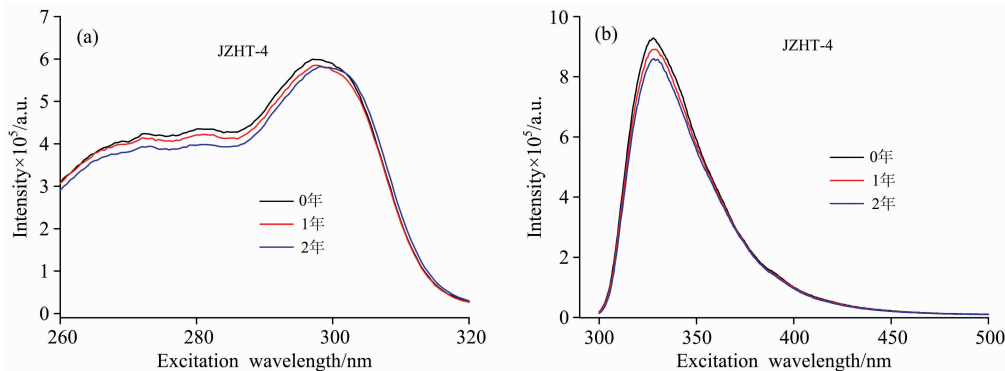


图 9 乙腈提取剂的不同存储时间交趾黄檀样品(JZHT-4)提取 12 h 的提取液二维荧光光谱图

Fig. 9 Two-dimensional fluorescence spectrum of the extract solution are obtained by soaking *Dalbergia cochinchinensis* Pierre sample (JZHT-4) with different storage time in acetonitrile for 12 hours

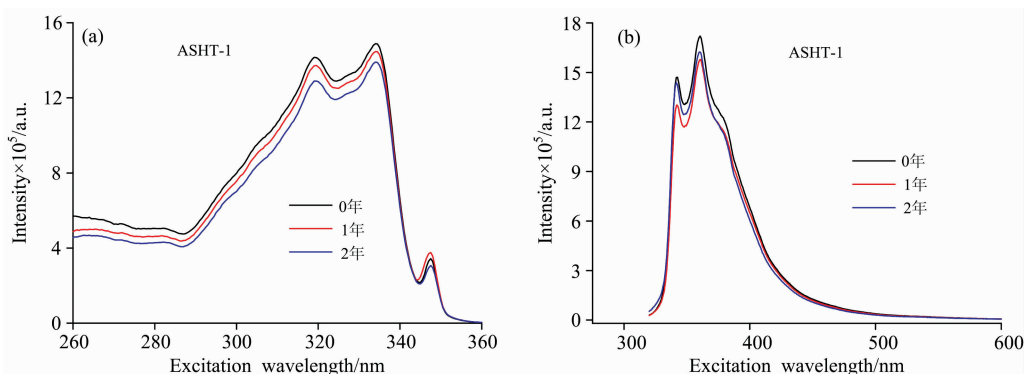


图 10 混合提取剂的不同存储时间奥氏黄檀样品(ASHT-1)提取 12 h 的提取液二维荧光光谱图;混合试剂为乙酸乙酯和乙腈按体积比 10 : 1 制备

Fig. 10 Two-dimensional fluorescence spectrum of the extract solution are obtained by soaking *Dalbergia oliveri* Prain sample (ASHT-1) with different storage time in mixed reagent for 12 hours; The mixed reagent is prepared according to the volume ratio of ethyl acetate and acetonitrile equals 10 : 1

前述 2.2 部分通过荧光照片对两个红木样品的荧光稳定性进行了展示,荧光照片显示两个红木样品在不同的存储时间条件下均能够呈现出明显的荧光现象,但是该结果并没有直观展示荧光强度的变化。本研究通过二维荧光光谱图观察不同存储时间木材样品(交趾黄檀样品为 JZHT-4、奥氏黄檀样品为 ASHT-1)提取液的荧光强度变化,结果如图 9 和图 10 所示。结果显示 0 年、1 年和 2 年不同储存时间的交趾黄檀和奥氏黄檀样品提取液激发光谱和发射光谱强度变化非常微弱,表明试样中存在的荧光化合物具有高的稳定性。另外有机化合物的荧光通常是非常灵敏的,储存过程样品中荧光物质微弱的衰减对其荧光强度影响较小。研究结果表明不同存储时间的交趾黄檀和奥氏黄檀样品的提取液具有稳定的荧光强度,对于长时间存储的红木树种的鉴定具有潜在应用价

值。

2.5 不同来源的交趾黄檀和奥氏黄檀样品提取液三维荧光光谱图

为了获得奥氏黄檀和交趾黄檀更加直观的荧光特征信息,本文研究了两种红木样品提取液荧光物质的三维荧光光谱图。按照前述方法进行荧光物质提取,取 50 μL 交趾黄檀(来源为 JZHT-1, JZHT-2, JZHT-3, JZHT-4, JZHT-5)的乙腈提取液,用 4 mL 乙酸乙酯稀释得到交趾黄檀稀释液;取 50 μL 奥氏黄檀(来源为 ASHT-1, ASHT-2, ASHT-3, ASHT-4, ASHT-5)的乙酸乙酯和乙腈的混合试剂的提取液,用 4 mL 乙酸乙酯稀释得奥氏黄檀稀释液;采用荧光光谱仪测试交趾黄檀稀释液和奥氏黄檀稀释液的三维荧光光谱图,如图 11 和图 12 所示。

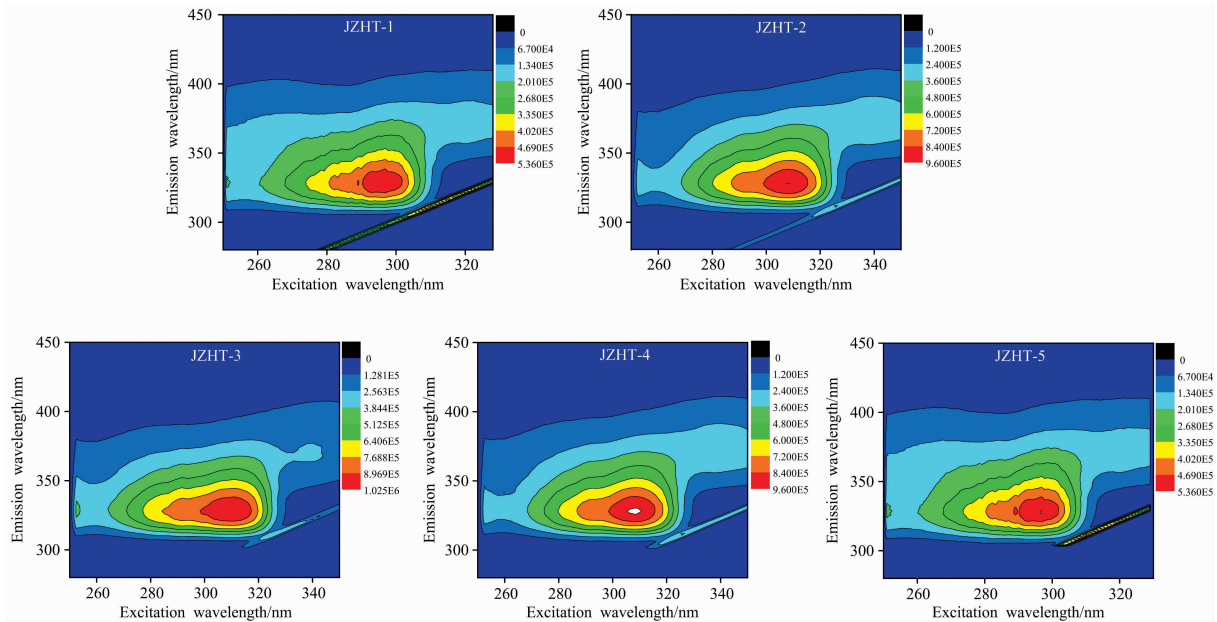


图 11 乙腈提取剂的 5 种不同来源交趾黄檀样品提取 12 h 的提取液三维荧光等高线谱图

Fig. 11 Three-dimensional fluorescence contour spectrum of the extract solution are obtained by soaking five wood samples of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre from different areas in acetonitrile for 12 hours

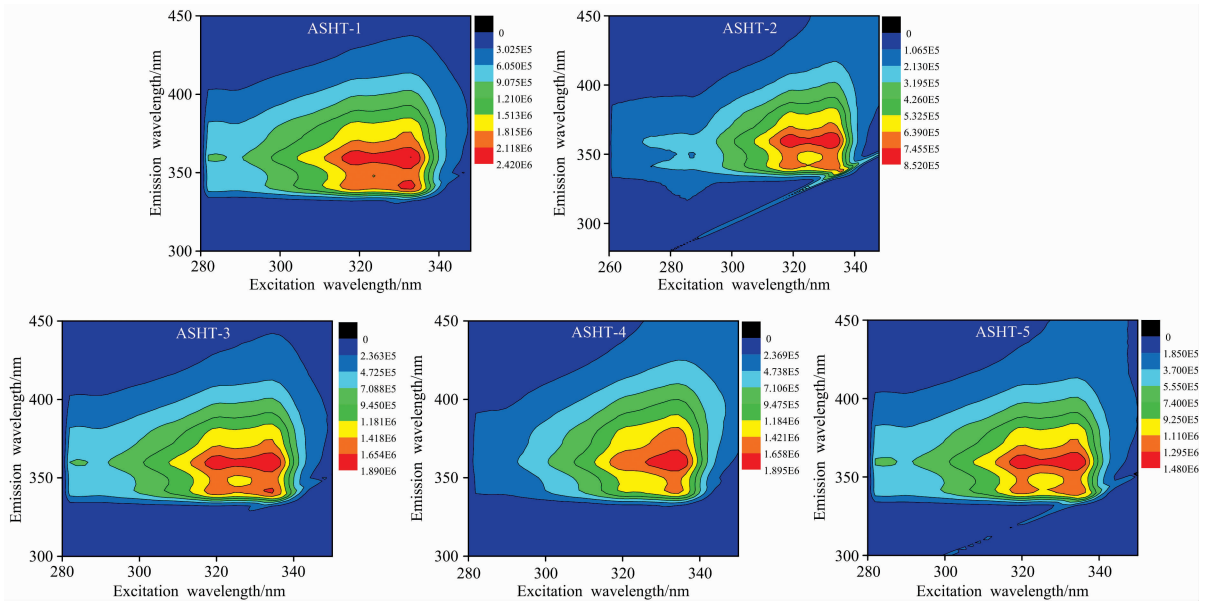


图 12 混合提取剂的 5 种不同来源奥氏黄檀样品提取 12 h 的提取液三维荧光等高线谱图；混合试剂为乙酸乙酯和乙腈按体积比 10 : 1 制备

Fig. 12 Three-dimensional fluorescence contour spectrum of the extract solution are obtained by soaking five wood samples of *Dalbergia oliveri* Prain from different areas in mixed reagent for 12 hours; The mixed reagent is prepared according to the volume ratio of ethyl acetate and acetonitrile equals 10 : 1

图 11 和图 12 显示不同来源的交趾黄檀和奥氏黄檀两种样品三维荧光等高线谱图之间存在明显的差异，例如荧光物质的种类和数目、最大激发波长、最大发射波长均不同。如图 11 结果表明交趾黄檀树种样品的荧光提取液呈现一个中心区，表明该树种中存在一种荧光化合物，中心区域对应的

横坐标和纵坐标即为该荧光化合物的最大激发波长(297 nm)和最大发射波长(327 nm)。图 12 结果表明奥氏黄檀树种样品的荧光提取物存在两个中心区，表明该树种中存在两种荧光化合物或者一种含有两个荧光团的化合物，中心区域对应的横坐标和纵坐标即为该荧光团的最大激发波长(317

和 333 nm)和最大发射波长(342 和 358 nm)。根据荧光物质发光机理,这两个红木树种含有荧光物质种类和数量均存在差别,表明红木树种的荧光性质含有的信息非常丰富。图 11 和图 12 结果还显示不同来源的交趾黄檀和奥氏黄檀样品内部之间三维荧光等高线谱图保持明显的一致性,并且具有各自的特征,可以作为它们各自的特征信息用于其树种识别和鉴定。另外,图 11 和图 12 显示不同来源的红木样品提取液三维荧光谱图之间存在微小的差异,这种差异可能原因是提取液中含有复杂的其他有机化合物,这些有机化合物的存在对荧光化合物的激发和发射存在一定的干扰。然而这些并没有影响到荧光物质的主体荧光谱图,而且这些干扰可以通过荧光物质的分离提纯得到消除。最重要的是交趾黄檀和奥氏黄檀两个红木树种在 GB/T 18107—2017《红木》国家标准中没有给出具有荧光现象的描述。因此,结果表明三维荧光谱图能够更加直观、详细的表达红木树种样品荧光特征信息,且呈现各自的专属性特征,而且不同来源的样品数据表明这种专属的荧光特征信息与树种之间存在很强的关联性,奥氏黄檀和交趾黄檀的荧光特征能够作为其重要的属性特征用于

具体树种的识别与鉴定。

3 结 论

分子化学作为新型的木材识别技术在大量涌现。在本文中,我们从红木树种中存在的大量有机小分子化合物出发,运用荧光光谱技术探寻木材样品中存在的荧光特征信息与木材树种之间的关系。研究表明交趾黄檀和奥氏黄檀木材样品中存在的荧光物质能够通过有机溶剂进行有效的提取,两种木材样品中的荧光化合物能够长时间稳定的存在,两种红木树种的荧光照片、二维荧光谱图和三维荧光谱图呈现各自的专属性。交趾黄檀和奥氏黄檀的荧光信息识别特征表现出更多的优势,例如样品损耗量小、前处理简单、可以流程化操作等。综上,基于荧光特征红木识别技术能够用于交趾黄檀和奥氏黄檀鉴定,本研究将为红木树种的识别与鉴定提供一种新的解决思路,为红木的识别与鉴定奠定重要的研究基础。

References

- [1] CITES, 2017. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, Appendices I , II and III. UNEP-WC-MC.
- [2] Barrett M A, Brown J L, Yoder A D. *Nature*, 2013, 499: 29.
- [3] Gasson P, Miller R, Stekel D J, et al. *Annals of Botany*, 2010, 105: 45.
- [4] Ugochukwu A I, Hobbs J E, Phillips P W B, et al. *Ecological Economics*, 2018, 146: 730.
- [5] FU Jian-guo, LIU Jin-liang, YANG Xiao-jun, et al(伏建国, 刘金良, 杨晓军, 等). *Journal of Zhejiang A&F University(浙江农林大学学报)*, 2013, 30(3): 438.
- [6] Kang Yong, Deng Zhiyan, Zang Runguo, et al. *Scientific Reports*, 2017, 7: 12564.
- [7] GAO Lian-ming, LIU Jie, CAI Jie, et al(高连明, 刘 杰, 蔡 杰, 等). *Plant Diversity and Resources(植物分类与资源学报)*, 2012, 34(6): 592.
- [8] Dong W P, Xu C, Li C H, et al. *Scientific Reports*, 2015, 5: 8348.
- [9] Gasson P. *IAWA Journal*, 2011, 32(2): 137.
- [10] Jiao L C, Yin Y F, Xiao F M, et al. *IAWA Journal*, 2012, 33(4): 441.
- [11] ZHANG Rong, YIN Ya-fang, XU Kui-wu, et al(张 蓉, 殷亚方, 徐魁梧, 等). *Journal of Nanjing Forestry University • Natural Sciences Edition(南京林业大学学报 • 自然科学版)*, 2014, 38(1): 151.
- [12] Huang A M, Zhou Q, Liu J L, et al. *Journal of Molecular Structure*, 2008, 883: 160.
- [13] SHEN Ming-yue, ZHANG Qi-yuan, ZHU Zhong-liang, et al(沈明月, 章启元, 朱仲良, 等). *Science Silvae Sinicae(林业科学)*, 2012, 48(5): 168.
- [14] Silva Guzmán J A, Richter H G, Anda R R, et al. *IAWA Journal*, 2008, 29(3): 311.
- [15] Li Q F, Wang J T, Wu S Y, et al. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2018, 259: 484.
- [16] Masakazu M, Yuta T, Karina H. *Dyes and Pigments*, 2018, 153: 144.
- [17] Joseph R Lakowicz. *Principles of Fluorescence Spectroscopy(Third Edition)*, Springer, 2006.
- [18] LUO Bei, HE Rui, YANG Yan(罗 蓓, 何 蕊, 杨 燕). *Journal of Beijing Forestry University(北京林业大学学报)*, 2018, 40(1): 120.

New Method for Identification of *Dalbergia Cochinchinensis* Pierre and *Dalbergia Oliveri* Prain by Fluorescence Spectroscopy

WANG Jin-zhuan^{1, 2}, LIU Bin¹, DU Hai-hui¹, LIANG Zhi¹, ZHAO Ying-feng¹, ZHAO Yue¹, ZHANG Ming-zhe³,
WANG Li-kun¹

1. Nanjing Institute of Supervision & Testing on Product Quality, Nanjing 210028, China

2. School of Chemistry and Chemical Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, China

3. Zhejiang Academy of Science & Technology for Inspection & Quarantine, Hangzhou 311215, China

Abstract The fluorescence characteristic of small molecular organic compound in nature has potential application value for plant species identification. At present, the identification of two species about *Dalbergia cochinchinensis* Pierre and *Dalbergia oliveri* Prain based on the anatomical characteristics of wood has its limitation. So, we explored a new method for identification of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre and *Dalbergia oliveri* Prain by fluorescence spectroscopy in the paper. The fluorescent substances were completely extracted in five different wood samples of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre and *Dalbergia oliveri* Prain. Fluorescence photos, two-dimensional and three-dimensional fluorescence spectrum were used to confirm the species and quantity of fluorescent substances in wood samples of the two species. The results of fluorescence photograph shown that the extract solutions of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre and *Dalbergia oliveri* Prain both present obvious fluorescence characteristics and the fluorescence substances are stable in two years of storage. Two-dimensional and three-dimensional fluorescence spectrum exhibit the fluorescence characteristics of the two species in more detail. The results indicate that there is a fluorescent substance in the extract solution of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre, and the maximum excitation and emission wavelength of the fluorescence substance are 297 and 327 nm, respectively. However, the fluorescence spectrum of extract solution from *Dalbergia oliveri* Prain present two maximal excitation and emission wavelengths respectively, the maximum excitation is 317 and 333 nm, and the maximum emission is 342 and 358 nm, which indicates that there are two kinds of fluorescent substances or one kind of fluorescence substance containing two groups of fluorescence. The respective quantity and characteristics of fluorescent substances of the two species are obviously accordant, and there are obvious differences between the two species, which can be used to confirm their identities. Moreover, the extracting methods of fluorescent substances from the wood sample of the two species are built in this paper. Acetonitrile is an optimal reagent for the extraction of fluorescent substance in the wood sample of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre, and the mixed reagent prepared according to the volume ratio of ethyl acetate and acetonitrile equals 10 : 1 is more suitable for that of fluorescent substance in *Dalbergia oliveri* Prain. The extraction of fluorescent substance is beginning to level off within 12 hours for the wood samples of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre and *Dalbergia oliveri* Prain. The results indicate that the fluorescence spectroscopy technique can be used to identify *Dalbergia cochinchinensis* Pierre and *Dalbergia oliveri* Prain. The method will be of very important value to the identification of rosewood species.

Keywords Fluorescent spectroscopy; *Dalbergia cochinchinensis* Pierre; *Dalbergia oliveri* Prain; New method for rosewood identification

(Received May 31, 2018; accepted Oct. 12, 2018)