

叶片滞尘对大叶黄杨光谱特征的影响及其滞尘量预测研究

朱济友¹, 于强^{1*}, 刘晓希², 于洋³, 姚姜铭⁴, 苏凯¹, 牛腾¹, 朱华⁵, 朱秋雨⁵

1. 北京林业大学林学院, 北京 100083
2. 北京林业大学外语学院, 北京 100083
3. 北京卫星环境工程研究所, 北京 100094
4. 广西大学林学院, 广西 南宁 530005
5. 广西卫生职业技术学院检验系, 广西 南宁 530012

摘要 大气颗粒物污染在全球范围内已成为严重的城市环境问题之一。为探究滞尘对叶片光谱特征的影响, 并建立以高光谱数据为基础的叶面滞尘预测模型。以北京市常见绿化树种(大叶黄杨)为研究对象, 设置高、中、低滞尘污染梯度, 采集720个叶片样本, 利用ASD Fildsoec Handheld光谱仪获取高光谱数据。结果表明: 光谱反射峰分别在560和900 nm处, 吸收谷分别在400~500, 600~700和1 000~1 050 nm范围内; 有无滞尘的叶片反射率在不同波段表现出不同的规律, 在400~760和760~1 100 nm范围内的光谱反射率大小分别表现为滞尘叶片>除尘叶片、滞尘叶片<除尘叶片; 滞尘与除尘叶片在植被光谱曲线上的差异性较明显, 350~700和1 900~2 500 nm波段, 滞尘叶片的光谱反射率略高于除尘叶片, 而在780~1 400 nm范围内, 滞尘叶片光谱反射率则显著低于除尘叶片, 差异性表现为: 重度污染区>中度污染区>轻度污染区; 反射率在可见光波段(350~780 nm)随叶面滞尘量的增加而增大, 而近红外波段(780~1 100 nm)的变化趋势则相反; 粉尘对叶片的红边斜率影响较大, 表现为滞尘叶片<无尘叶片, 而对红边位置没有显著影响。叶面滞尘量预测模型中, 以叶面水含量指数、简单比值指数建立的二次多项式预测模型效果最好, 分别为 $y = -1.18x^2 + 0.5424x + 0.9917$, $y = -7.67x^2 + 3.6924x + 0.3714$ 。模型验证表明, R^2 分别达到0.9877和0.8873, 拟合效果较好, 说明预测模型可有效地估测大叶黄杨叶面滞尘量。

关键词 大叶黄杨; 高光谱; 滞尘量; 回归模型; 预测

中图分类号: S127 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2020)02-0517-06

引言

随着全球工业化和城市化的快速发展, 以大气颗粒物为主要特征的“城市病”问题日益凸显^[1]。近年来, 北京由于燃煤废气、交通尾气、路面扬尘及风沙等因素影响, 造成了较严重的复合型大气污染^[2-3]。城市绿化植物在城市环境中承担着固定、滞留和吸附空气悬浮颗粒物的重要作用^[3]。而大叶黄杨(*Euonymus japonicus*)作为北京常绿阔叶树中占比最大的灌木树种, 在提升城市景观、改善空气质量等方面发挥着不可替代的作用^[4]。

近年来, 对植物叶表面颗粒物滞留的相关研究主要集中在不同植物叶面滞尘能力、滞尘机理及其生态响应对策等方

面^[4-6]。研究表明, 植物叶片滞尘能力通常与其树冠高度、冠幅大小、叶面积及叶表面构造等参数密切相关^[6]。一般粗糙表面、浓郁被毛、宽大面积等特征的叶片具有较强的滞尘能力^[7]。此外, 植物叶面滞尘量往往还与大气颗粒物浓度、季节及天气等因素具有较大的关联性^[8]。基于叶片的大气净化功能, 不少学者开展了叶片滞尘前后光谱特征的相关研究, 而以往针对叶片滞尘的研究中, 大部分以分散的城市环境作为采样点, 未能较好地消除立地、光照及水肥养护等条件的影响^[6-8]。然而叶片作为植物碳水耦合过程中的重要结构, 在长期的生长、繁殖和进化过程中对环境变化极其敏感且具有较大可塑性, 往往在内部或表型结构表现出一定的生态权衡策略^[9]。因此, 推测当植物叶片在受到外界不良环境的胁迫, 如大气颗粒物影响的时候, 植物叶片光谱特征是否也会

收稿日期: 2019-01-18, 修订日期: 2019-05-20

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项(BLX201806), 中国博士后科学基金面上项目(2018M641218)资助

作者简介: 朱济友, 1993年生, 北京林业大学林学院博士研究生 e-mail: zhujieyou007@163.com

* 通讯联系人 e-mail: yuqiang@bjfu.edu.cn

发生相应的变化。

鉴于此,以大叶黄杨为研究对象,在城市开放环境中通过设置透明屏障板,划分高、中、低污染梯度。对比大叶黄杨叶片在无尘和滞尘条件下的光谱曲线特征,探讨叶片表面滞尘对大叶黄杨叶片反射光谱的影响,并建立不同光谱参数的叶面滞尘量预测模型,为城市绿化植物配置提供重要参考。

1 实验部分

1.1 试验设计及样本采集

试验地位于北京市朝阳区来广营北路中段公路两侧,该区域周围开阔、无高大树木及建筑遮挡。经调查,试验地的大叶黄杨于 2014 年栽植,保证了林木样本年龄、土壤、水分及养护管理的相对一致性。如图 1 所示,2017 年 10 月在样地内设置两条高度为 2.5 m 的透明隔离带,将地块划分为高(T1)、中(T2)和低(T3) 3 个污染梯度。屏障隔板为透明材质,且与植株之间保持一定的距离,避免了阴影的影响。

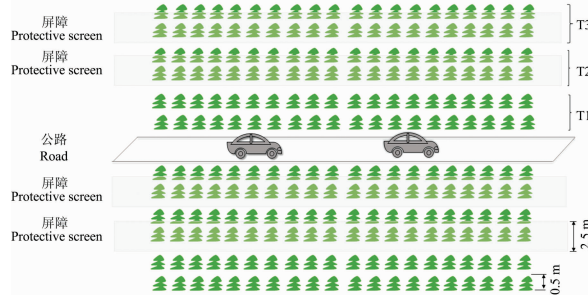


图 1 试验设计图

Fig. 1 Test design diagram

于 2018 年 11 月采集不同污染梯度环境下的叶样。时间为距采样当天 15 d 晴朗、少云、无大风的天气,每种环境选择长势优良的大叶黄杨 80 丛。均匀剪取健康、成熟的 240 张叶片样本放入干净的拖盘中(为避免边缘效应,样品采集避开屏障板的两侧植株),然后将其带回室内测定。

1.2 叶片反射光谱与滞尘量测量

光谱数据获取的步骤依次为:称重、测光谱、除尘、二次称重、二次测光谱。使用电子天平(精度为 0.000 1 g)测量叶片质量。光谱采用 FieldSpec3 型近红外光谱仪(美国,ASD)测定,探测波段范围为 300~2 500 nm。采样间隔 1.4 nm,视场角 30°,分辨率为 3~700 nm。

光谱数据采集步骤依次为:暗扫描、白板扫描、调整透射模式、探头垂直于叶片表面上方 3 cm 处测定、读数稳定后保存数值。称重及除尘方法为:利用医用卫生镊子将样品轻轻地移至电子天平(精度为 0.000 1 g),称取除尘前的叶片质量,然后用医用棉球将叶片浸入装有去离子水的大烧杯中均匀刷洗(该操作控制在 10 s 内完成)。用干燥棉球将叶表面水分吸干后,称取除尘后的叶片质量。滞尘量为除尘前后的质量差。

1.3 数据处理

在 View Spectral Pro 6.0 和 ENVI 5.1 软件中分析光谱

数据,并在 Exel 2016 和 Origin 8.0 数据处理软件中建立预测模型和出图。

2 结果与讨论

2.1 叶片原始反射光谱

如图 2 所示,在城市不同程度粉尘污染环境中,大叶黄杨叶片反射光谱表现出了相对一致的规律:①从可见光到近红外波段(380~1 100 nm)范围中,共有 2 个主要反射峰和 3 个主要吸收谷。其中,反射峰分别在 560 和 900 nm 处,为植被典型的光谱反射带。吸收谷分别位于 400~500, 600~700 和 1 000~1 050 nm 范围内,为植被典型的光谱吸收带。②在 700~780 nm 波段间,光谱曲线的斜率及反射率变化较大。在 780~1 300 nm 波段出现了一个较陡的反射平台,这可能是由于植物叶片水分对该波段有较强的吸收性。

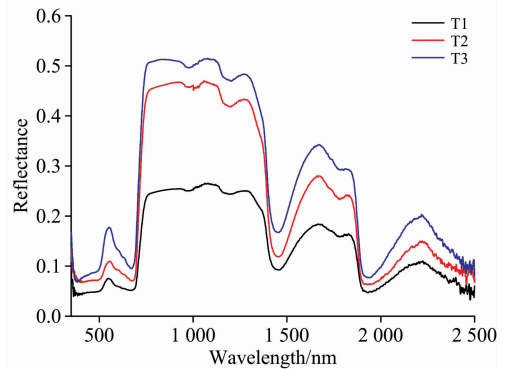


图 2 叶片原始反射光谱

Fig. 2 Leaf reflectance spectral curves

2.2 叶片除尘前后的反射光谱

由图 3 可看出,在不同的光谱波段中除尘叶片和滞尘叶片的反射率具有明显差异。叶片光谱反射率在 400~760 和 760~1 100 nm 波段分别位于 0.020~0.140 和 0.140~0.480 范围内,反射率分别表现为滞尘叶片>除尘叶片,滞尘叶片<除尘叶片。

本实验基于同一样地的同一张叶片除尘前后的对比,不仅排除了光温水养等环境因素影响,同时也排除了叶片自身的叶绿素、水分等生化组分含量的影响。尽管样品采集自不同污染程度环境,但除尘前后其光谱曲线总体趋同。然而,滞尘叶片与除尘叶片在植被光谱曲线上的差异性较明显,其响应机理在不同的波段范围也存在一定差异。如图 3 所示,滞尘叶片与除尘叶片在 350~700, 780~1 400, 1 500~1 800 和 1 900~2 500 nm 波段范围内的光谱反射率大小差异较明显。其中,在 350~700 和 1 900~2 500 nm 波段,光谱反射率表现为滞尘叶片>除尘叶片,这可能与粉尘粒子的强烈能级转变有关^[10][如图 3(a, b, c)]。在 780~1 400 nm 波段,光谱反射率表现为滞尘叶片>除尘叶片,不同污染程度环境表现为: T1>T2>T3,表明叶面粉尘滞留量越大,其对光的散射就越强。

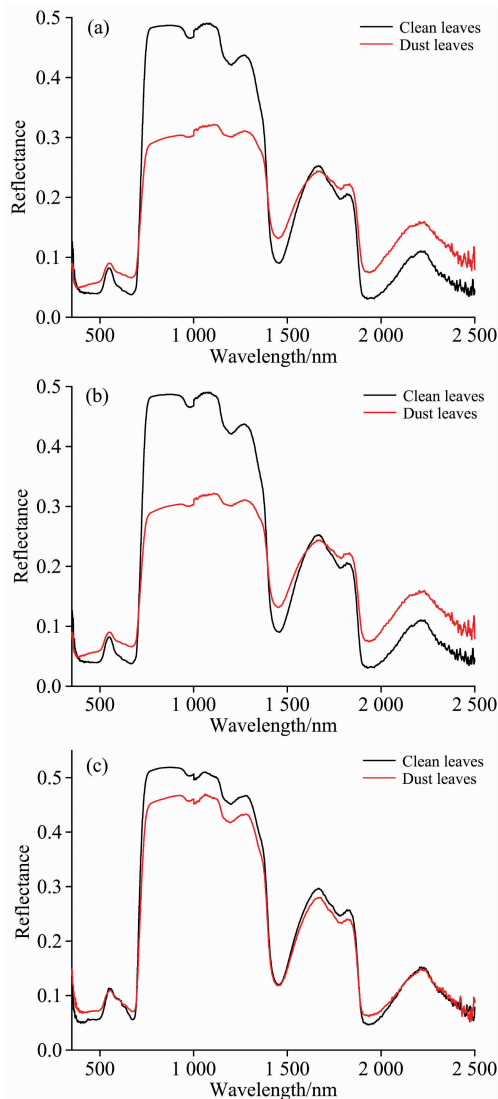


图 3 不同污染程度环境下的叶片光谱曲线
(a), (b), (c) 分别表示高、中、低污染

Fig. 3 Leaf spectral curves in different pollution levels

(a), (b), (c) represent high, medi and low pollution respectively

2.3 不同叶面滞尘量的反射光谱

图 4 中, 黑色、红色、蓝色、绿色、紫色和橙色光谱曲线对应的叶片滞尘量分别为 0.834 2, 1.083 2, 1.120 2, 1.352 1, 1.539 7 和 2.038 8 $g \cdot m^{-2}$ 。当增加单位面积上粉尘的重量时, 在 710~1 350 nm 之间总体光谱反射率变化规律基本一致。此外, 在可见光波段(350~780 nm) 和近红外波段(780~1 100 nm) 范围中, 不同滞尘量的叶片对光谱的吸收程度不同, 这可能是粉尘颗粒物对叶片部分波段光的吸收而导致的。540~700 nm 是植物光谱响应最为敏感的波段^[11], 本研究显示, 叶片因受滞留粉尘的影响, 该波段的光谱反射率发生了明显变化。随着粉尘滞留量的增加, 大叶黄杨叶片在可见光波段的光谱反射率逐渐增大, 而在近红外波段则逐渐减小。

2.4 滞尘前后一阶导数光谱特征

大叶黄杨叶片在滞尘前后的一阶导数光谱曲线总体趋势没有发生明显变化(图 5)。红边是红边区间(680~750 nm)中光谱反射率升高速度最大的点, 且是其一阶导数曲线在红边区间内的重要拐点。红边语义中包含了红边位置和红边斜率。其中, 红边位置是鉴定胁迫程度的重要参数; 而红边斜率能较好地表征植物的叶绿素含量^[11]。由图 5(a)和(b)可知, 滞尘叶片的红边斜率相比除尘叶片较小, 但滞尘对红边位置无明显影响, 这说明了滞留在叶片上的大气颗粒物可能是导致其叶绿素含量降低的主要因素之一。

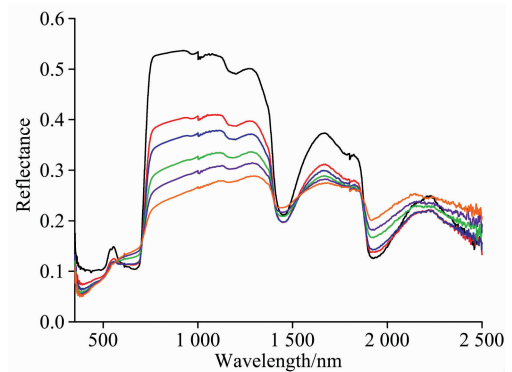


图 4 不同滞尘量的叶面光谱曲线

Fig. 4 Foliar spectral curves of different dust retention

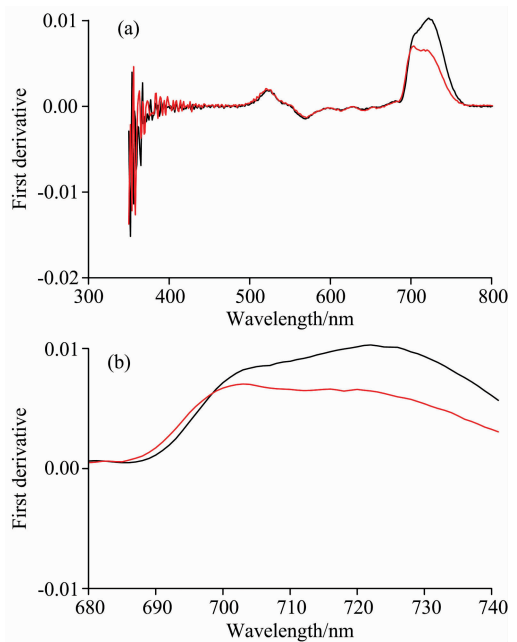


图 5 有无滞尘叶片的一阶导数光谱曲线

(a): 350~800 nm 区间一阶导数光谱曲线;
(b): 红边区间一阶导数光谱曲线

Fig. 5 The first derivative spectral curves of clean and dust leaf

(a): The first derivative spectral curves in 350~800 nm range;

(b): The first derivative spectral curves of red edge region

2.5 叶片滞尘量预测模型建立与筛选

以往的研究表明, 在众多光谱参数中, 绿峰、叶面水含

量指数、叶绿素指数、红边指数、归一化指数、简单比值指数、光合反射指数可以很好地反映叶片的光谱反射率^[11-12]。因此,本研究将以上 7 个光谱参数作为自变量,大叶黄杨的

表 1 光谱参数

| 参数 | 符号 | 定义和描述 |
|---------|------------|--|
| 绿峰 | R_{545} | 545 nm 处反射率 |
| 叶面水含量指数 | LWI | R_{970}/R_{900} |
| 红边指数 | SD_r | 680~750 nm 反射率一阶导数之和 |
| 叶面叶绿素指数 | LCI | $(R_{850}-R_{710})/(R_{850}-R_{680})$ |
| 归一化指数 | ND_{705} | $(R_{750}-R_{705})/(R_{750}+R_{705}+2R_{445})$ |
| 简单比值指数 | SR | R_{706}/R_{809} |
| 光合反射指数 | PRI | $(R_{570}-R_{531})/(R_{570}+R_{531})$ |

表 2 叶面滞尘量的光谱模型

Table 2 The parameter of spectral models for leaf dust content

| 参数 | 回归类型 | 滞尘线性模型 | R^2 |
|---------|-------|-------------------------------|--------|
| 绿峰 | 线性 | $y=0.055x+0.1069$ | 0.0115 |
| | 二次多项式 | $y=-0.236x^2+0.0985x+0.1056$ | 0.0124 |
| | 对数 | $y=0.004\ln(x)+0.1234$ | 0.0024 |
| | 乘幂 | $y=0.1239x^{0.048}$ | 0.0287 |
| | 指数 | $y=0.103e^{0.653x}$ | 0.0016 |
| 叶面水含量指数 | 线性 | $y=0.295x+1.0003$ | 0.7263 |
| | 二次多项式 | $y=-1.18x^2+0.5424x+0.9917$ | 0.803 |
| | 对数 | $y=0.0174\ln(x)+1.0726$ | 0.7221 |
| | 乘幂 | $y=0.0379x^{-0.499}$ | 0.5638 |
| | 指数 | $y=1.0004e^{0.289x}$ | 0.7233 |
| 红边指数 | 线性 | $y=-1.099x+0.2153$ | 0.5569 |
| | 二次多项式 | $y=6.159x^2-2.3865x+0.2601$ | 0.6727 |
| | 对数 | $y=-0.071\ln(x)-0.0727$ | 0.6727 |
| | 乘幂 | $y=0.0233x^{-0.544}$ | 0.6528 |
| | 指数 | $y=0.229e^{-9.542x}$ | 0.6969 |
| 叶面叶绿素指数 | 线性 | $y=0.269x+0.6990$ | 0.0700 |
| | 二次多项式 | $y=-0.4601x^2+0.3655x+0.6957$ | 0.0714 |
| | 对数 | $y=0.0139\ln(x)+0.7594$ | 0.054 |
| | 乘幂 | $y=0.7599x^{0.0201}$ | 0.0507 |
| | 指数 | $y=0.6964e^{0.3908x}$ | 0.0666 |
| 归一化指数 | 线性 | $y=-1.4257x+0.2933$ | 0.5778 |
| | 二次多项式 | $y=7.128x^2-2.9159x+0.3451$ | 0.6735 |
| | 对数 | $y=-0.092\ln(x)-0.0791$ | 0.6913 |
| | 乘幂 | $y=0.0379x^{-0.499}$ | 0.5638 |
| | 指数 | $y=0.3122e^{-8.922x}$ | 0.6257 |
| 简单比值指数 | 线性 | $y=2.0873x+0.4272$ | 0.6667 |
| | 二次多项式 | $y=-7.6777x^2+3.6924x+0.3714$ | 0.7265 |
| | 对数 | $y=0.1247\ln(x)+0.9434$ | 0.6842 |
| | 乘幂 | $y=1.1088x^{0.232}$ | 0.705 |
| | 指数 | $y=0.4313e^{3.662x}$ | 0.6106 |
| 光合反射指数 | 线性 | $y=1.2234x+0.0055$ | 0.4328 |
| | 二次多项式 | $y=-1.618x^2+1.5617x-0.0063$ | 0.4378 |
| | 对数 | $y=0.065\ln(x)+0.2844$ | 0.3509 |
| | 乘幂 | $y=1.0345x^{0.998}$ | 0.6152 |
| | 指数 | $y=0.0186e^{15.184x}$ | 0.4949 |

叶面滞尘量作为因变量进行回归分析,分别建立线性、二项多项式、对数、乘幂和指数形式的叶面滞尘量预测模型(表 1)。

随机选择 180 个叶片样本建立大叶黄杨滞尘量的预测模型。结果表明,叶面滞尘量光谱预测模型的决定系数 R^2 值由大到小分别为叶面水含量指数、简单比值指数、归一化指数、红边指数、光合反射指数、叶面叶绿素指数、绿峰(表 2)。其中,叶面水含量指数、简单比值指数、归一化指数、红边指数、光合反射指数的叶面滞尘光谱预测模型的决定系数 R^2 值均达到显著水平,说明光谱反射率与滞尘量之间具有较稳定的相关关系。而叶面叶绿素指数和绿峰预测模型的 R^2 值相对较小,说明这两个参数的预测模型稳定性及精度较差。因此,依据决定系数 R^2 最大化原则,以叶面水含量指数、简单比值指数建立的预测模型效果较好。

2.6 预测模型检验

如图 6 所示,使用 60 个叶片高光谱及其叶面滞尘量数据检验所建立的预测模型。结果表明,基于叶面水含量指数[见图 6(a)]和简单比值指数[见图 6(b)]建立叶面滞尘量预测模型的预测值与实测值结果较为一致, R^2 分别为 0.9877 和 0.8873。同时,其相对均方根误差 RRMSE 均较小,分别为 0.1023 和 0.1057,表明该预测模型具有较高的稳定性,可有效地对大叶黄杨的叶面滞尘量进行预测。

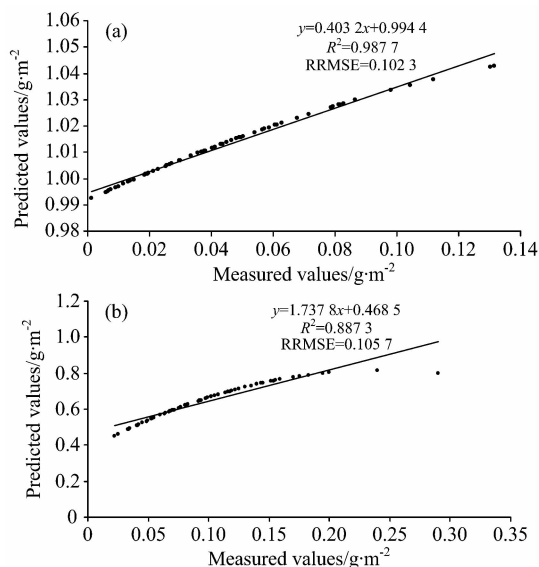


图 6 光谱参数预测模型的检验

(a): 叶面水含量指数; (b): 简单比值指数

Fig. 6 Inspection of spectral parameter prediction model

(a): Foliar water content index; (b): Simple ratio index

3 结论

在城市的开放环境中,研究了北京市常用绿化树种大叶黄杨在不同滞尘程度影响下的叶面光谱响应特性,确定了其光谱响应的敏感波段,并进一步分析了大叶黄杨叶片高光谱参数与其叶面滞尘量之间的相关关系,建立大叶黄杨叶面滞尘量的预测模型,主要结论如下。

(1)在城市不同颗粒物污染梯度环境中,大叶黄杨叶片反射光谱表现出相对一致的规律。在可见光波段和近红外波段处出现 2 个反射峰(560 和 900 nm)和 3 个吸收谷(400~500, 600~700 和 1 000~1 050 nm)。

(2)除尘与滞尘叶片的反射率在不同波段变化规律存在明显差异。叶片光谱反射率在 400~760 和 760~1 100 nm 波段分别位于 0.020~0.140 和 0.140~0.480 范围内,反射率分别表现为滞尘叶片>除尘叶片,滞尘叶片<除尘叶片。

(3)植被光谱曲线在滞尘与除尘叶片差异明显。在 350~700 和 1 900~2 500 nm 波段,光谱反射率表现为滞尘叶片略高于除尘叶片。而在 780~1 400 nm 范围内,滞尘叶片光

谱反射率则显著低于除尘叶片,差异性大小依次为:重度污染区、中度污染区、轻度污染区。

(4)随着叶面粉尘滞留量的增多,可见光波段的光谱反射率呈增大趋势,而近红外波段的光谱反射率则呈减小趋势。除尘、滞尘叶片的一阶导数光谱曲线的总体趋势相对一致,但数值不同。粉尘对叶片的红边斜率影响较大,表现为滞尘叶片<无尘叶片,而对红边位置没有显著影响。

(5)叶面滞尘量光谱预测模型以叶面水含量指数、简单比值指数建立二次多项式的预测模型效果最好。检验表明,其 R^2 分别达到 0.987 7 和 0.887 3,拟合效果较好,说明这 2 个预测模型可有效地估测大叶黄杨叶面的滞尘量。

References

- [1] Merico E, Donateo A, Gambaro A, et al. Atmospheric Environment, 2016, 139: 1.
- [2] XIONG Xin-zhu, TAO Shuang-cheng, GAO Shuo-han, et al(熊新竹,陶双成,高硕哈,等). Ecology and Environmental Sciences(生态环境学报), 2017, 26(7): 1167.
- [3] LI Xing-ru, BAI Yu, CHEN Xi, et al(李杏茹,白羽,陈曦,等). Environmental Chemistry(环境化学), 2018, 37(11): 2397.
- [4] LIU Chen-ming, ZHANG Zhi-qiang, CHEN Li-xin, et al(刘辰明,张志强,陈立欣,等). Acta Ecologica Sinica(生态学报), 2018, 38(7): 2353.
- [5] Chen L X, Liu C M, Zou R, et al. Environmental Pollution, 2016, 208(A): 198.
- [6] LI Yan-mei, CHEN Qi-bo, WANG Shao-jun, et al(李艳梅,陈奇伯,王邵军,等). Scientia Silvae Sinicae(林业科学), 2018, 54(5): 18.
- [7] HU Shu, XIAO Xin, JIA Han-shuai, et al(胡舒,肖昕,贾含帅,等). Chinese Agricultural Science Bulletin(中国农学通报), 2012, 28(16): 95.
- [8] DAI Si-di, MA Ke-ming, BAO Le, et al(戴斯迪,马克明,宝乐,等). Acta Scientiae Circumstantiae(环境科学学报), 2013, 33(1): 154.
- [9] MA Yuan, JIA Yu-long, WANG Cheng, et al(马远,贾雨龙,王成,等). Forest Research(林业科学研究), 2018, 31(5): 110.
- [10] LI Wei-tao, WU Jian, CHEN Tai-sheng, et al(李伟涛,吴见,陈泰生,等). Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering(农业工程学报), 2016, 32(2): 180.
- [11] Yan X, Shi W Z, Zhao W J, et al. Science of the Total Environment, 2015, (506-507): 604.
- [12] CHENG Xiao-yun, LUO Chun-wang, LIU Qi-jing, et al(程小云,罗春旺,刘琪璟,等). Environmental Science & Technology(环境科学与技术), 2017, 40(5): 1.

Effect of Leaf Dust Retention on Spectral Characteristics of *Euonymus japonicus* and Its Dust Retention Prediction

ZHU Ji-you¹, YU Qiang^{1*}, LIU Xiao-xi², YU Yang³, YAO Jiang-ming⁴, SU Kai¹, NIU Teng¹, ZHU Hua⁵, ZHU Qiu-yu⁵

1. Forestry College, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

2. Foreign Languages College, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

3. Beijing Institute of Spacecraft Environment Engineering, Beijing 100094, China

4. Forestry College, Guangxi University, Nanning 530005, China

5. Department of Testing, Guangxi Medical College, Nanning 530012, China

Abstract Atmospheric particulate pollution has become one of the serious urban environmental problems on a global scale. In order to explore the influence of leaf surface dust on the spectral characteristics of the leaves, a prediction model of leaf surface dross based on high-spectrum data was established. In order to explore the influence of leaf surface dust on the spectral characteristics of the leaves, a prediction model of leaf surface dross based on high-spectrum data was established. Our study focused on the common greening tree species (*Euonymus japonicus*) in Beijing, and collected 720 leaf samples in high, medium and low dust pollution gradient environments, and then used the ASD Fildsoec Handheld spectrometer to obtain hyperspectral data. The results showed that the spectral reflection peaks were at 560 and 900 nm, respectively, and the absorption valleys

were in the range of 400~500, 600~700 and 1 000~1 050 nm. The leaf reflectivity with or without dust retention showed different rules in different bands. The spectral reflectances in the range of 400~760 and 760~1 100 nm were as follows: dust-retaining leaves > dust-removing leaves, dust-retaining leaves < dust-removing leaves. There were obvious difference between the dust-retaining and dust-removing leaves on the vegetation spectral curve. In the 350~700 and 1 900~2 500 nm band, the spectral reflectance of the dust-retaining blade was slightly higher than that of the dust-removing blade. In the range of 780~1 400 nm, the spectral reflectance of the dust-retaining blade was significantly lower than that of the dust-removing blade. The order of difference was: heavy polluted area, moderately polluted area, mildly polluted area. The reflectivity increased gradually in the visible light band (350~780 nm) with the increase of leaf dust retention, while the near-infrared band (780~1 100 nm) changed in the opposite direction; the red edge position of the dust-free blade did not change significantly. The red edge slope and the red edge index of the dust-retaining blade were reduced. In the spectral prediction model of leaf dust retention in 7 common spectral parameters, the quadratic polynomial prediction model established by foliar water content index and simple ratio index had the highest R^2 , which were $y = -1.18x^2 + 0.5424x + 0.9917$, $y = -7.67x^2 + 3.6924x + 0.3714$, respectively. The regression model was validated by using the predicted samples, and the R^2 reached 0.9877 and 0.8873, respectively. The fitting effect was good, indicating that the two prediction models can effectively estimate the dust retention of the leaf of *Euonymus japonicus*.

Keywords *Euonymus japonicus*; Hyperspectral; Dust retention; Regression model; Prediction

(Received Jan. 18, 2019; accepted May 20, 2019)

* Corresponding author