

不同品种核桃叶片含水量与高光谱反射率的相关性差异分析

潘庆梅¹, 张劲松^{1,2*}, 张俊佩¹, 孟平^{1,2}, 汪贵斌²,
杨洪国¹, 王鑫梅¹, 原文文¹, 周宇¹

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091; 2. 南京林业大学南方现代林业协同创新中心, 江苏 南京 210037)

摘要: [目的] 探究不同品种核桃 (*Juglans regia* L.) 叶片含水量与叶片高光谱反射特征的相关性, 分析品种间差异, 为核桃叶片水分的准确诊断提供参考。 [方法] 本研究以 5 个不同品种的核桃叶片为研究对象, 测定了脱水过程中叶片水分含量及其同步反射光谱响应曲线, 分析并对比了不同品种核桃叶片含水量与光谱反射率的相关关系, 探讨了核桃叶片水分敏感波段的品种间差异。 [结果] 表明: (1) 不同品种核桃叶片的构成物质与叶片结构相似, 在叶绿素和水分含量上存在差异; (2) 核桃叶片含水量与叶片反射率的相关关系不受水分表征量的影响, 在 621 ~ 703、1 244 ~ 2 500 nm 范围内各品种核桃叶片含水量与反射率均呈显著相关关系 ($p < 0.05$); (3) 在 704 ~ 1 243 nm 范围内, 不同品种核桃叶片具有不同的水分敏感波段, 各品种间差异明显。 [结论] 不同品种核桃叶片含水量与高光谱反射率的相关关系在 704 ~ 1 243 nm 范围内具有明显的品种间差异。

关键词: 核桃; 叶片含水量; 高光谱反射率; 品种; 差异

中图分类号: S718.51; S792.13

文献标识码: A

文章编号: 1001-1498(2019)06-0001-06

水分是植物体的重要组成成分, 是植物生命活动的基本生活因子, 是控制植物光合作用和最终产物的主要因素之一, 水分亏缺直接影响农作物及果树的形态结构和生理过程, 进而影响其长势、产量和品质^[1-3]。叶片含水量是植株水分状况良好的度量和诊断指标^[4], 及时、准确地监测或诊断叶片含水量对了解植被生理状况和生长趋势具有重要指导意义。高光谱技术监测植物叶片水分, 具有信息获取量大、实时、准确、无损、快速等优势, 为小麦 (*Triticum aestivum* L.)、水稻 (*Oryza sativa* L.) 等作物^[5-6] 及苹果 (*Malus pumila* Mill.)、柑橘 (*Citrus reticulata* Blanco)、核桃 (*Juglans regia* L.) 等果树^[7-9] 的水分精确管理提供了科学依据和技术支撑。

植物对不同波长的电磁波产生特定的吸收和反射特征即为该植物的光谱特性^[10]: 350 ~ 700 nm 范围是叶绿素的吸收带, 在 450、550、660 nm 波长附近

形成反射峰; 700 ~ 740 nm 范围为红边区域, 因植物水氮营养、长势指标而变化; 740 ~ 1 300、1 300 ~ 2 500 nm 为叶片水分的主要吸收波段, 范围受叶片结构的影响, 在 970、1 200、1 450、1 930、2 500 nm 波长附近存在水分的强吸收特征^[11-14]。利用高光谱数据水分敏感特征波段或植被指数对植物水分进行建模估算, 是目前高光谱技术诊断植物叶片水分最简单与常用的方法^[15-17]。由于植物光谱特性受物种、品种、生境等因素影响, 已有相关模型多是利用特定品种进行建模, 而用于其他区域或不同品种进行估测时, 会存在较大偏差^[18]。前人研究表明^[19]: 同一农作物不同品种的特征波段存在差异, 影响模型精度。

核桃为重要经济树种, 性喜湿润, 合理灌溉是保障华北及西北等水资源紧缺地区核桃高产的重要措施, 研究核桃叶片含水量的高光谱诊断模型, 具有重

收稿日期: 2019-03-31 修回日期: 2019-09-08

基金项目: 北京市科技计划课题(Z161100000916011); 国家科技支撑计划课题(2015BAD07B05)

* 通讯作者: 张劲松, 博士生导师, 研究员, 主要从事森林生态与林业气象、复合农林业的研究。 E-mail: zhangjs@caf.

要科学价值与实践意义。胡珍珠等^[9]针对“温 185”品种,建立了核桃叶片含水量诊断模型,但不知该模型对其他不同核桃品种是否具有普适性。核桃品种众多,而针对核桃叶片光谱特征品种间差异的研究未见报道。本研究以核桃为研究对象,分析并对比了5个不同品种核桃叶片光谱反射率与叶片水分的关系,探讨了核桃叶片水分敏感波段的品种间差异,旨在为核桃叶片水分的准确诊断提供科学依据。

1 试验材料

试验材料为华北地区广泛种植的5个核桃品种:官帽、狮子头文玩核桃,鲁果2号、辽宁1号、辽宁5号等食用核桃。于2018年8月在河南省洛宁

县中国林科院核桃试验基地采集样本,采样时选择不同品种成年树体冠层顶部当年生健康成熟枝条,采集后立即封装并放入保温箱,带回实验室进行脱水试验。

2 试验方法

2.1 叶片脱水试验

为改变叶片水分状况,本试验采用离体叶片自然脱水法。每个品种选择不同枝条上大小相同、同一叶位的叶片,共9片,将叶片从枝条剪下,测量光谱和水分数据后,置于室温下自然脱水。脱水过程中,按一定的时间间隔(1、3、5、8、12、18、24 h)同步采集叶片光谱和水分数据。获得样本数据(表1)。

表1 不同品种核桃叶片的样本水分信息

Table 1 Leaf sample moisture information of different varieties of walnut

水分指标 Moisture variable	品种 Variety	样本数/个 Number of samples	最小值 Minimum value	最大值 Maximum value	平均值 Mean value	标准偏差 Standard deviation
等效水厚度 $EWT/(g \cdot cm^{-2})$	官帽	62	0.003 9	0.011 4	0.007 7	0.002 3
	狮子头	62	0.003 1	0.012 5	0.008 3	0.002 8
	鲁果2号	63	0.003 7	0.016 0	0.009 4	0.003 2
	辽宁1号	63	0.002 8	0.015 9	0.008 4	0.004 3
	辽宁5号	63	0.004 3	0.015 8	0.010 2	0.003 5
相对水分含量 $LMC/\%$	官帽	62	44.42	67.84	58.17	7.54
	狮子头	62	32.04	65.32	51.53	9.16
	鲁果2号	63	32.75	70.55	53.92	9.53
	辽宁1号	63	27.27	68.35	50.81	13.81
	辽宁5号	63	34.46	65.24	51.00	9.17

2.2 光谱数据采集

叶片反射光谱的测量采用美国 ASD 公司制造的 Field Spec4 Hi-Res 手持式地物光谱分析仪,光谱测量范围为 350 ~ 2 500 nm,350 ~ 1 000 nm 区间光谱采样间隔为 1.4 nm,光谱分辨率为 3 nm;1 000 ~ 2 500 nm 区间光谱采样间隔为 2 nm,光谱分辨率为 8 nm。叶片反射光谱数据测量在室内进行,利用植被探头与叶片夹,采用光谱仪自带光源,进行叶面反射光谱的测量。测量时保持叶片表面干净,每片叶子选取 4 个样点重复测定 3 次,最后取平均值作为该叶片的反射光谱。为提高测量精度,每隔 10 min 进行 1 次白板校正。

2.3 叶片含水量测定

本研究以叶片等效水厚度(EWT)和叶片相对水分含量(LMC)为叶片水分状态的指示指标。计算公式分别为:

$$EWT = \frac{F_w - D_w}{LA}$$

$$LMC = \frac{(F_w - D_w)}{F_w}$$

式中: F_w 为叶片鲜质量; D_w 为叶片干质量; LA 为叶面积。

叶片的鲜质量(F_w, g)和干质量(D_w, g)用万分之一天平测量;叶面积(LA, cm^2)用 Li-2200c 叶面积仪测量。

2.4 数据处理与分析

本研究所测得叶片光谱反射率使用仪器自带的 ASD View Spec Pro 软件进行光谱曲线的平均化和数据导出处理,使用 Excel 2013 对叶片含水量数据进行平均值、标准偏差等计算处理,使用 SPSS22.0 和 Origin2017C 等软件进行统计分析和制图。

本研究以不同品种核桃的叶片等效水厚度(EWT)和叶片相对水分含量(LMC)为叶片含水量的表征指标,分别与原始反射率进行相关性分析,探究不同核桃叶片光谱反射率对两个水分指标的敏感性差异;以叶片含水量与光谱反射率的相关系数达到显著性水平的光谱区间作为水分敏感波段,以敏

感波段范围内的相关系数最大值所在波长位置为敏感波长。

因 350 ~ 620 nm 范围的光谱反射率主要受叶片色素含量的影响,本研究仅对受水分影响较大的红光(621 ~ 760 nm)、近红外(761 ~ 1 300 nm)和短波红外(1 301 ~ 2 500 nm)范围内的反射率进行比较分析。

3 结果与分析

3.1 不同品种核桃叶片的高光谱反射特征

不同品种核桃叶片的高反射光谱叶片光谱反射率(图1)在 550 nm 波长附近形成 1 个反射峰,在 680 nm 波长处形成强烈的吸收谷;在 680 ~ 760 nm 范围内,反射率陡升,并在 760 ~ 1 300 nm 范围形成反射“平台”;在 1 300 ~ 2 500 nm 范围内光谱反射率出现波动变化,形成以 1 450、1 930 nm 为中心的吸收谷。不同品种核桃叶片高光谱反射特征变化趋势基本一致,说明不同品种核桃叶片的构成物质与叶片结构相似;但在 570 ~ 680、750 ~ 1 350、1 400 ~ 1 850、1 900 ~ 2 500 nm 等与叶绿素和水分含量

有关的光谱范围,不同核桃品种的原始光谱曲线和导数光谱曲线有明显分离,这反映了不同品种核桃叶片在叶绿素和水分含量上的差异。

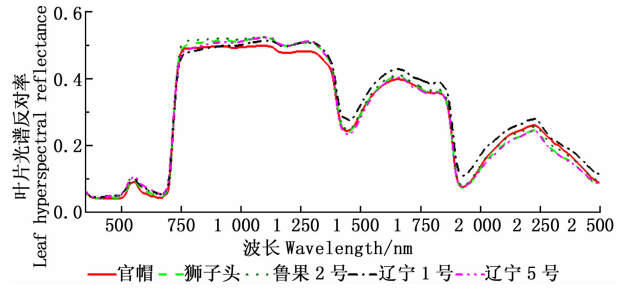


图1 不同品种核桃叶片的原始反射光谱和一阶导数反射光谱曲线

Fig.1 Original and first derivative reflectance curve of different varieties of walnut leaves

3.2 不同品种核桃的叶片水分含量与高光谱反射率的关系

由图2可知:核桃叶片含水量与光谱反射率的相关系数随波长的增加具有相似的变化趋势,在不同的波长范围内,各品种的相关系数具有明显差异。图2A表明:不同品种核桃叶片等效水厚度(EWT)

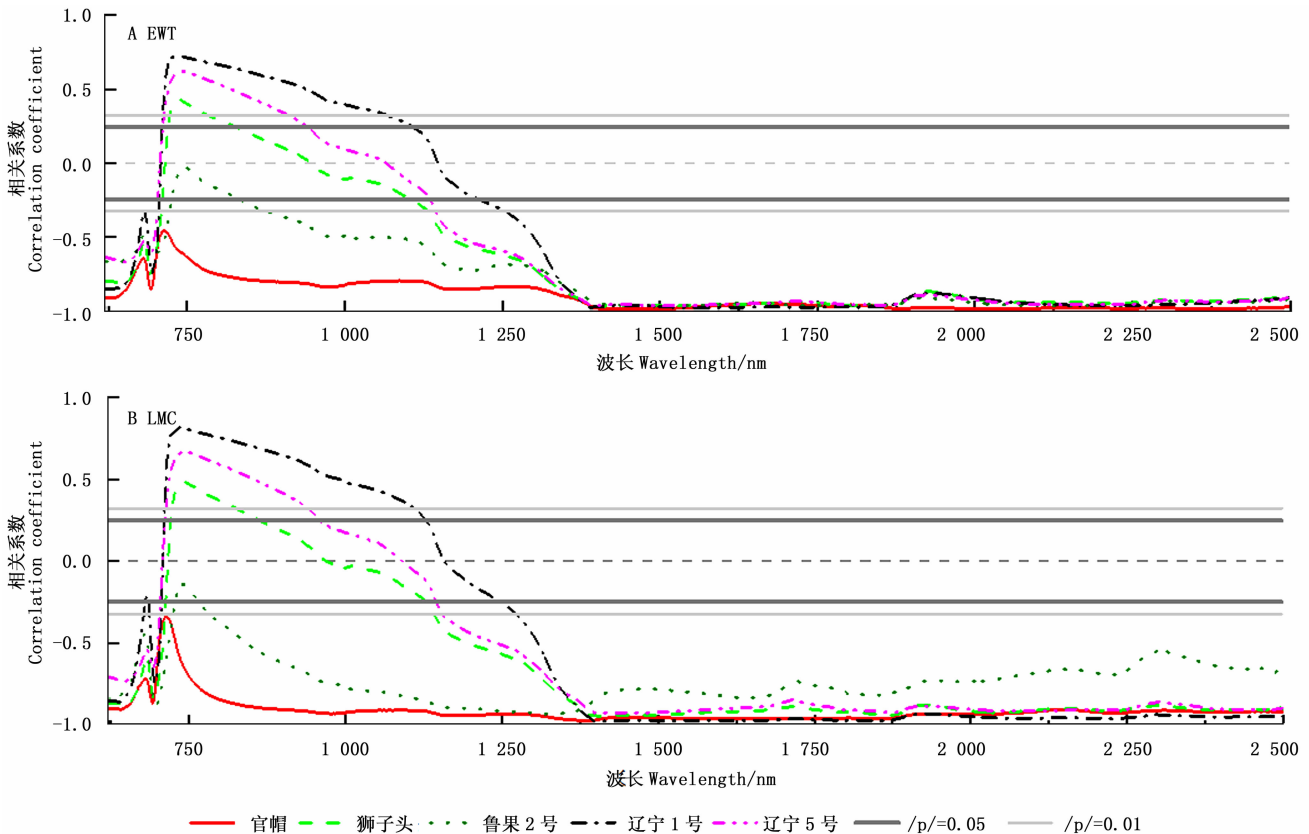


图2 叶片等效水厚度(EWT)和叶片相对含水量(LMC)与叶片高光谱反射率的相关性曲线

Fig.2 Correlation curve between leaf equivalent water thickness (EWT) and leaf moisture content (LMC) and leaf hyperspectral reflectance

与光谱反射率的关系在不同的波长范围内呈不同的显著水平,在621~2 500 nm范围内,官帽的相关系数均达极显著($p < 0.01$),而其他4个品种的相关系数仅在621~703 nm和1 214~2 500 nm范围内达显著水平;在704~1 213 nm范围内,各品种相关系数曲线明显分离,显著性水平也存在差异。图2B表明:叶片相对水分含量(LMC)与光谱反射率的相关系数在1 243~2 500 nm范围内,各品种相关系数变化曲线呈较好的一致性;在621~703 nm范围内,除辽宁1号在682 nm附近有部分相关系数不显著外,官帽、狮子头、鲁果2号和辽宁5号等品种核桃叶片的LMC与光谱反射率的相关系数均达显著水平($p < 0.05$);而在704~1 243 nm范围内,各品种相关系数曲线呈现分离,且显著性水平也表现出差异。

以上结果说明核桃叶片水分含量与光谱反射率的相关关系并不受水分指标的影响,叶片EWT和LMC与光谱反射率相关系数的品种间差异响应集中表现在704~1 243 nm范围。

3.3 品种间水分敏感波段及其叶片水分含量相关性的差异

为进一步分析704~1 243 nm光谱范围内叶片含水量与光谱反射率相关关系的品种间差异,本研究提取了以EWT为叶片含水量表征指标的各品种核桃叶片水分敏感波段和敏感波长。

由表2可知:在704~1 243 nm范围均为官帽叶片EWT的敏感波段,714~725 nm和831~943 nm范围为鲁果2号、辽宁1号和辽宁5号的敏感波段;鲁果2号的叶片反射率在726~830 nm范围内

表2 各品种核桃在704~1 243 nm光谱范围内叶片EWT的敏感波段

Table 2 Sensitive bands for leaf EWT of various walnut varieties in 704~1 243 nm

品种 varieties of walnut	敏感波段/nm Sensitive band range	相关系数 Correlation coefficient
官帽	704~1 243	-0.85~-0.46
狮子头	704~710	0.27~0.52
	720~831	0.24~0.43
	1 102~1 243	-0.61~-0.24
鲁果2号	704~725	-0.60~-0.26
	831~1 243	-0.72~-0.24
辽宁1号	704~706	0.26~0.42
	712~1110	-0.72~-0.24
辽宁5号	714~943	0.62~0.24
	1 135~1 243	-0.58~0.00

对EWT不敏感,而狮子头、辽宁1号和辽宁5号敏感;在1 135~1 243 nm范围内,狮子头、鲁果2号和辽宁5号的叶片反射率对EWT具有相同的敏感性,而辽宁1号不敏感。

对上述5个品种核桃叶片水分敏感波长处的反射率与其他品种叶片EWT的相关性分别进行分析,结果(表3)表明:5个品种敏感波长处的反射率与官帽、狮子头叶片EWT的相关系数均达极显著水平($p < 0.01$),其中,与官帽的相关系数(绝对值)均大于0.5,这可能是是因为官帽的敏感波段覆盖整个704~1 243 nm范围;狮子头、辽宁1号、辽宁5号的部分敏感波长(736、732、741 nm)与鲁果2号叶片含水量没有显著性相关关系($p > 0.05$),可能是由鲁果2号在726~830 nm范围内反射率与叶片含水量的相关性不显著导致;狮子头的736 nm和辽宁5号的

表3 各品种核桃叶片水分敏感波长及其与其他不同品种核桃叶片含水量的相关性

Table 3 Moisture sensitivity wave of walnut leaves and correlation with moisture content of other varieties

品种 Varieties of walnut	敏感波长/nm Sensitive wavelength	敏感波长的相关系数 The correlation coefficient of Sensitive wavelength	敏感波长与不同品种EWT的相关系数 Correlation coefficients between sensitive wavelength and different varieties of EWT				
			官帽	狮子头	鲁果2号	辽宁1号	辽宁5号
官帽	1 191	0.85	--	-0.56**	-0.72**	-0.20	-0.51**
狮子头	704	-0.52	-0.54**	--	-0.60**	-0.42**	-0.21
	736	0.85	-0.59**	--	-0.07	0.72**	0.62**
	1 243	-0.61	-0.84**	--	-0.69**	-0.30*	-0.58**
鲁果2号	704	-0.60	-0.54**	-0.52**	--	-0.42**	-0.21
	1 202	-0.72	-0.85**	-0.57**	--	-0.23	-0.54**
辽宁1号	704	-0.42	-0.54**	-0.52**	-0.60**	--	-0.21
	732	0.72	-0.57**	0.42**	-0.12	--	0.61**
辽宁5号	741	0.62	-0.61**	0.42**	-0.03	0.72**	--
	1 243	-0.58	-0.84**	-0.61**	-0.69**	-0.30*	--

注:*表示相关性在0.05水平上显著,**表示相关性在0.01水平上显著。

Notes: * indicates that the correlation is significant at the 0.05 level, and ** indicates that the correlation is significant at the 0.01 level.

741 nm 敏感波长处的反射率与辽宁 1 号的 EWT 具有较大的相关系数,可能是因为以上 2 波长与辽宁 1 号的敏感波长 732 nm 相接近;官帽的 1 191 nm、鲁果 2 号的 1 202 nm 与辽宁 1 号的 EWT 没有相关关系,因为 1 111 ~ 1 243 nm 不是其敏感波段;704 nm 不在辽宁 5 号的敏感波段范围内,故与其叶片含水量没有相关性。以上结果说明,在 704 ~ 1 243 nm 范围内,不同品种核桃叶片光谱反射率具有不同的水分敏感波段和敏感波长,表现出明显的品种间差异。因而,在利用该波段范围的光谱反射率进行叶片水分反演时,要考虑品种间的差异性。

4 讨论

植物的光谱特性是由于叶绿素的电子跃迁、水及其他化学成分中 O-H 键弯曲和伸展的结果^[20-21]。在 400 ~ 2 500 nm 范围内,水分亏缺导致叶片反射率增加,这种现象不仅和叶片中水分及其他物质(叶绿素)的辐射特性有关,还受叶片内部结构的影响^[22]。水分对植物叶片高光谱反射特征的影响具有复杂性,在近红外(760 ~ 1 300 nm)和短波红外(1 300 ~ 2 500 nm)范围内具有特定的光谱吸收波段;另一方面,水分的变化导致植物叶片的生理变化,从而引起反射光谱中可见光范围(400 ~ 760 nm)的变化^[23]。Carter 等^[24]比较了 6 种不同种类植物叶片光谱反射特征对不同水分含量的响应特征,发现 400 ~ 2 500 nm 波段范围的反射率变化分别由水分对光谱的初级影响和次级影响造成,即水分对辐射的直接吸收造成 1 300 ~ 2 500 nm 波段反射率的变化,水分含量引起叶片内部结构及物质组分相对含量变化导致 400 ~ 1 300 nm 波段反射率的变化。不同品种的核桃叶片在不同基因调控下产生叶片结构、基本组成物质含量、水分利用效率、基本代谢等方面的差异,从而对水分变化产生不同的响应结果,造成不同品种叶片光谱反射特性差异,因此,导致 704 ~ 1 243 nm 范围内不同品种叶片光谱反射率对水分敏感性的品种间差异。

近年来,无人机低空遥感技术备受研究者重视,Inoue 等^[25]研究认为,短波红外区域(1 300 ~ 2 500 nm),大气吸收强烈,不适合机载和星载遥感监测植被的水分状况,而用于植被监测的机载高光谱传感器的工作波长一般集中在可见光和近红外范围内,因此,研究可见光(主要是红光,620 ~ 760 nm)和近红外(760 ~ 1 300 nm)区域的植物水分高光谱敏感

波段对利用无人机遥感进行大尺度的植物水分监测具有重要意义。本研究探讨了 704 ~ 1 243 nm 范围内不同品种核桃叶片水分含量与光谱反射率的相关性差异,为核桃水分含量的地面高光谱准确诊断提供了科学依据,也为机载遥感冠层监测提供了参考。各品种的敏感波段中(表 3),1 191、1 202、1 243 nm 的反射率与官帽、狮子头、鲁果 2 号和辽宁 5 号的叶片含水量及 736 nm 的反射率与官帽、狮子头、鲁果 2 号和辽宁 1 号的叶片含水量均呈极显著相关,相关系数大于 0.5,因而,736、1 191、1 202、1 243 nm 可作为诊断不同品种核桃叶片含水量的共性敏感波段,对其普适性进一步验证是下一步的工作重点。本研究结果针对叶片尺度,是否适用于冠层尺度还需要进一步研究。

5 结论

在 704 ~ 1 243 nm 范围内,不同品种核桃叶片具有不同的水分敏感波长,叶片含水量与高光谱反射率的相关关系存在明显的品种间差异。因而,当利用 704 ~ 1 243 nm 范围的光谱反射率进行核桃叶片含水量的诊断时,要充分考虑因品种不同造成的诊断误差,选择对各品种最适合的波段和波长有助于提高诊断精度。

参考文献:

- [1] 张海威,张 飞,张贤龙,等. 光谱指数的植被叶片含水量反演[J]. 光谱学与光谱分析, 2018, 38(5):218-224.
- [2] 张 玮,王鑫梅,潘庆梅,等. 干旱胁迫下雷竹叶片叶绿素的高光谱响应特征及含量估算[J]. 生态学报, 2018, 38(18):322-329.
- [3] 沈 艳,牛 铮,颜春燕. 植被叶片及冠层层含水量估算模型的建立[J]. 应用生态学报, 2005, 16(7):1218-1223.
- [4] 梁 亮,张连蓬,林 卉,等. 基于导数光谱的小麦冠层叶片含水量反演[J]. 中国农业科学, 2013, 46(1):18-29.
- [5] 刘晓静,陈国庆,王 良,等. 不同生育时期冬小麦叶片相对含水量高光谱监测[J]. 麦类作物学报, 2018, 38(7):854-862.
- [6] 徐 庆,马 驿,蒋 琦,等. 水稻叶片含水量的高光谱遥感估算[J]. 遥感信息, 2018, 33(5):5-12.
- [7] 王青华,朱西存,王 凌,等. 基于光谱变换定量估算苹果叶片的等效水厚度[J]. 红外, 2016, 37(11):42-48.
- [8] 杨 勇,张冬强,李 硕,等. 基于光谱反射特征的柑橘叶片含水率模型[J]. 中国农学通报, 2011, 27(2):180-184.
- [9] 胡珍珠,潘存德,潘 鑫,等. 基于光谱水分指数的核桃叶片含水量估算模型[J]. 林业科学, 2016, 52(12):39-49.
- [10] 张佳华,许云,姚凤梅,等. 植被含水量光学遥感估算方法研究进展[J]. 中国科学:技术科学, 2010(10):1121-1129.
- [11] Jacquemoud S, Baret F. PROSPECT: a model of leaf optical prop-

- erties spectra[J]. *Remote Sens Environ*, 1990, 34(2): 75–91
- [12] Jacquemoud S, Ustin S L, Verdebout J, *et al.* Estimating leaf biochemistry using the PROSPECT leaf optical properties model[J]. *Remote Sensing of Environment*, 1996, 56(3):194–202.
- [13] Tucker C J. Remote sensing of leaf water content in the near infrared[J]. *Remote Sensing of Environment*, 1979, 10(1):23–32.
- [14] Danson F M, Steven M D, Malthus T J, *et al.* High-spectral resolution data for determining leaf water content [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1992, 13(3):461–470.
- [15] Curran P J. Remote sensing of foliar chemistry[J]. *Remote Sensing of Environment*, 1989, 30(3): 271–278.
- [16] 林毅, 李倩, 王宏博, 等. 高光谱反演植被水分含量研究综述[J]. *中国农学通报*, 2015, 31(3):167–172.
- [17] 程志庆, 张劲松, 孟平, 等. 基于高光谱信息的107杨叶片等效水厚度估算模型的研究[J]. *林业科学研究*, 2016, 29(6): 826–833.
- [18] 郭建彪, 马新明, 时雷, 等. 冬小麦叶面积指数的品种差异性与高光谱估算研究[J]. *麦类作物学报*, 2018, 38(3): 340–347.
- [19] 高鑫, 高聚林, 于晓芳, 等. 不同玉米品种叶片 SPAD 值估测模型的构建及其差异性研究[J]. *西北农林科技大学学报:自然科学版*, 2016, 44(10):37–44.
- [20] Sims D A, Gamon J A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2002, 81(2):337–354.
- [21] 浦瑞良, 宫鹏. 高光谱遥感及其应用[M]. 北京:高等教育出版社, 2000.
- [22] 童庆禧, 张兵, 郑兰芬. 高光谱遥感[M]. 北京:高等教育出版社, 2006.
- [23] 刘畅, 孙鹏森, 刘世荣. 水分敏感的反射光谱指数比较研究——以锐齿槲栎为例[J]. *植物生态学报*, 2017, 41(8):850–861.
- [24] Carter G A. Primary and Secondary Effects of Water Content on the Spectral Reflectance of Leaves [J]. *American Journal of Botany*, 1991, 78(7): 916–924.
- [25] Inoue Y, Morinaga S, Shibayama M. Non-destructive estimation of water status on intact crop leaves based on spectral reflectance measurements [J]. *Japanese Journal of Crop Science*, 1993, 62(3): 462–469.

Analysis of Correlation and Differences between Leaf Moisture and Hyperspectral Reflectance among Different Walnut Varieties

PAN Qing-mei¹, ZHANG Jin-song^{1,2}, ZHANG Jun-pei¹, MENG Ping^{1,2}, WANG Gui-bin², YANG Hong-guo¹, WANG Xin-mei¹, YUAN Wen-wen¹, ZHOU Yu¹

(1. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

2. Co-Innovation Center for Sustainable Forestry in Southern China, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: [Objective] To explore the correlation between leaf moisture and leaf hyperspectral reflectance characteristics among walnut (*Juglans regia* L.) varieties and the differences among varieties. [Method] The leaves of five walnut varieties were selected as the test materials, the leaf moisture and hyperspectral reflectance during the dehydration process were measured, and the correlation between leaf moisture and hyperspectral reflectance were analyzed. The differences in the water sensitive bands among walnut varieties were compared. [Result] (1) The leaf constituents and the leaf structure among walnut varieties were similar, and only the differences in chlorophyll and moisture content were observed; (2) The correlation between leaf moisture and reflectance among walnut varieties was significant ($p < 0.05$) in 621–703 nm and 1 244–2 500 nm, and was not affected by moisture indicators; (3) The leaf reflectance showed obvious differences among walnut varieties, and had different water-sensitive bands in 704–1 243 nm.

[Conclusion] The differences in the correlation between water content and hyperspectral reflectance of leaves are significant among walnut varieties in the range of 704–1 243 nm.

Keywords: walnut; *Juglans regia*; leaf moisture; hyperspectral reflectance; variety; difference;

(责任编辑:徐玉秀)