

# 不同水稻品种主要生育期冠层光谱特征分析

武威 陈雯 陈瑛瑛 刘涛 孙成明\*

(扬州大学 江苏省作物遗传生理重点实验室/粮食作物现代产业技术协同创新中心, 江苏 扬州 225009;

\* 通讯作者: cmsun@yzu.edu.cn)

**摘要:**以 2 个籼稻品种和 2 个粳稻品种为试材, 分析了主要生育期不同品种间水稻冠层光谱反射率差异和同一品种不同生育期水稻冠层光谱反射率的变化趋势。结果表明, 在 350~750 nm 波段品种间光谱反射率差异很小, 在 750~1 300 nm 波段品种间光谱反射率差异随着生育进程的推进开始逐渐减小, 每个品种随着生育期的推进光谱反射率有着明显的变化。总体而言, 同一时期不同品种间水稻冠层光谱反射率存在一定差异, 同一品种不同时期水稻冠层光谱反射率也存在一定差异。因此, 在水稻高光谱研究中, 应考虑不同品种和不同生育期的影响。

**关键词:**水稻; 品种; 生育期; 光谱特征

**中图分类号:** S511 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8082(2018)01-0049-03

水稻是我国主要的粮食作物, 种植面积大, 分布范围广, 收获指数高, 在我国粮食生产和粮食安全中占有重要地位。由于水稻属于喜阳喜湿作物, 对气候变化较为敏感, 为了更好地稳定和提高水稻产量, 需要全面认识和了解水稻生长发育规律。近年来, 高光谱技术已在水稻营养元素诊断和监测<sup>[1]</sup>、逆境生理研究<sup>[2]</sup>、叶绿素含量监测<sup>[3]</sup>、株型识别<sup>[4]</sup>、叶面积指数估算<sup>[5]</sup>、生物量估测<sup>[6]</sup>等方面得到广泛应用, 使用高光谱技术监测水稻长势已经成为主流。

植被叶片的光谱特征是由于其化学组成分子结构中的化学键在一定的辐照水平下吸收特定波长的辐射能, 从而产生了不同光谱反射率的结果。绿色植被的光谱曲线与其他非绿色物体(如土壤、岩石、水体等)存在明显差异, 这也是用来区分绿色植物的客观依据。植被的光谱特征是由其组织结构、生化成分以及形态学特征决定的, 不同的组织结构和生化成分对植被叶片光谱的影响范围以及影响程度均不同<sup>[7]</sup>。不同作物类型、不同营养状态具有相似的光谱变化趋势, 但冠层光谱反射率的大小受诸多因素影响, 如作物种类、作物群体冠层结构、生长状况以及天气状况等。植被在 350~2 500 nm 波段范围内具有典型的光谱反射特征, 且不同波段的光谱反应了植株不同的结构特征<sup>[8]</sup>。本文拟从品种和生育时期的角度对水稻冠层光谱特性展开研究, 分析不同生育期品种间光谱反射率差异和同一品种不同生育期光谱反射率的变化趋势, 为精确指导高光谱技术在水稻上的应用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点

本试验于 2015-2016 年在扬州大学农学院试验场进行。试验地前茬为小麦, 土壤质地为砂壤土, 0~20 cm 土层有机质含量为 20.74 g/kg, 全氮为 1.33 g/kg, 碱解氮为 91.10 mg/kg, 速效钾为 84.53 mg/kg, 速效磷为 43.52 mg/kg。

### 1.2 试验设计

试验选用不同株型的 2 个粳稻和 2 个籼稻品种为材料: 连梗 7 号、淮稻 5 号、甬优 2640 和扬两优 6 号。于 2015 年 5 月 12 日播种, 6 月 13 日移栽, 小区面积 12 m<sup>2</sup>, 移栽时株行距为 15 cm×25 cm, 粳稻每丛插 2 株, 籼稻每丛插 1 株, 3 个重复。施氮总量为 200 kg/hm<sup>2</sup>, 基肥: 穗肥=6:4; 磷钾肥用量 150 kg/hm<sup>2</sup>, 全部作基肥。全生育期栽培措施按照高产栽培要求进行。

### 1.3 数据采集

冠层光谱数据采用美国 ASD FieldSpec FR 2500 野外便携式地物波谱仪测量, 光谱仪的前视场角为 25°, 波段范围为 350~2 500 nm, 其中, 350~1 000 nm 光谱采样间隔为 1.4 nm, 光谱分辨率为 3 nm, 1 000~2 500 nm 光谱采样间隔为 2 nm, 光谱分辨率为 10 nm, 使用前预热 15~30 min。选择晴朗、无风或微风、无云天气, 在各品种水稻的拔节期、孕穗期、抽穗期/开花期、灌浆期分别测定冠层光谱, 测定时间为 10:00-14:00, 传感器探头垂直向下, 距离冠层高度约 1 m, 每小区测 3 行, 每行测 3 个不同点, 每个点测 10 次, 取平均值作

收稿日期: 2017-10-24

**基金项目:** 江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD); 江苏省“农业三新”工程资助项目(SXGC[2015] 330)

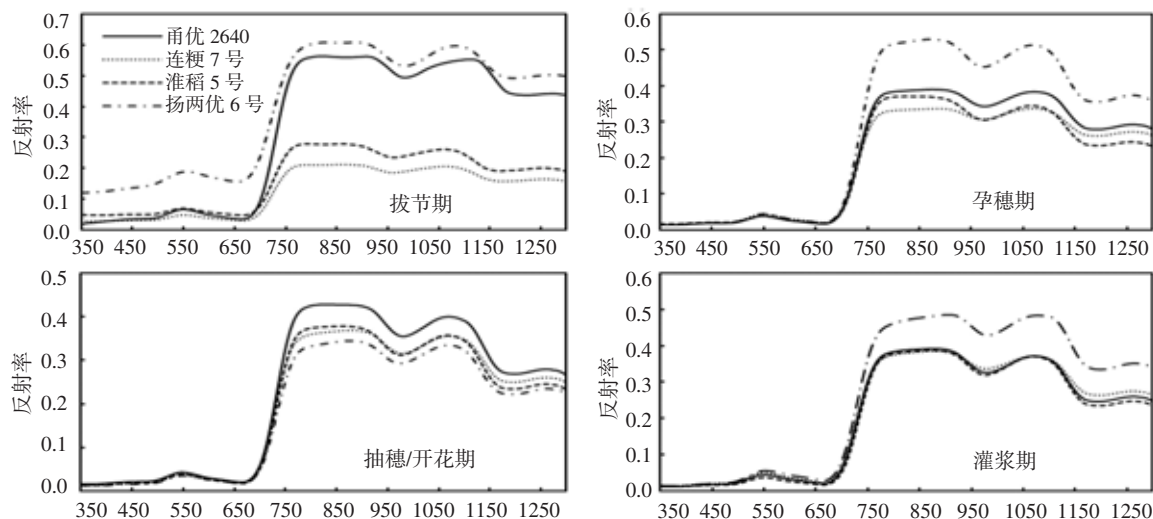


图 1 水稻主要生育期不同品种光谱曲线

为该小区的光谱反射率,每个小区测定前后立即进行白板校正。

#### 1.4 数据分析

用 ASD ViewSpec Pro 软件读取源光谱数据,将原始光谱数据进行预处理,取其平均值作为该处理的光谱值。由于 1 300~2 500 nm 是水分主导波段,噪声较大,所以只选择 350~1 300 nm 波段进行相关处理。用 MATLAB R2016a 对光谱数据进行去噪处理,平滑方法为移动平滑法。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同品种水稻冠层光谱差异

由图 1 可知,4 个品种在拔节期的光谱反射率差异较大,扬两优 6 号光谱反射率在 350~1 300 nm 波段均高于其他品种,甬优 2640 光谱反射率在 750~1 300 nm 波段高于 2 个梗稻品种,且与扬两优 6 号持平,淮稻 5 号光谱反射率在 750~1 300 nm 波段略高于连梗 7 号。孕穗期不同品种光谱反射率在 350~750 nm 波段范围内差异明显减小,在 750~1 300 nm 波段差异较明显,扬两优 6 号在该波段反射率大幅高于其他品种。抽穗/开花期不同品种光谱反射率在 350~750 nm 波段范围内趋于一致,在 750~1 300 nm 波段差异明显减小,甬优 2640 在该波段反射率略高于其他品种。灌浆期不同品种光谱反射率在 350~750 nm 波段范围内趋于一致,在 750~1 300 nm 波段扬两优 6 号光谱反射率明显高于其他品种,但甬优 2640、连梗 7 号和淮稻 5 号在该波段反射率趋于一致。

### 2.2 同一水稻品种不同生育期冠层光谱差异

由图 2 可知,甬优 2640 在 350~750 nm 波段的

拔节期的光谱反射率明显高于其他时期。连梗 7 号在 350~750 nm 波段的不同生育期光谱反射率差异也很小,但在 750~1 300 nm 波段拔节期的光谱反射率明显低于其他时期。淮稻 5 号在 350~750 nm 波段拔节期的光谱反射率略高于其他时期,在 750~1 300 nm 波段拔节期的光谱反射率明显低于其他时期。扬两优 6 号在 350~1 300 nm 波段拔节期的光谱反射率明显高于其他时期,在 750~1 300 nm 波段抽穗/开花期的光谱反射率明显低于其他时期。

## 3 结论与讨论

总体上看,不同品种在 350~750 nm 波段光谱反射率差异很小,且随着生育期的推进,品种间在 750~1 300 nm 波段的光谱反射率差异也逐渐减小。在拔节期品种间光谱反射率差异最大,且籼稻品种(甬优 2640 和扬两优 6 号)在 750~1 300 nm 波段光谱反射率明显高于梗稻品种(连梗 7 号和淮稻 5 号)。拔节期扬两优 6 号在 350~750 nm 波段光谱反射率明显高于其他品种,孕穗期扬两优 6 号在 750~1 300 nm 波段光谱反射率明显高于其他品种,灌浆期扬两优 6 号在 750~1 300 nm 波段光谱反射率明显高于其他品种,说明扬两优 6 号光谱反射率与其他品种存在很大差异。从同一品种不同生育期水稻光谱反射率变化来看,每个品种随着生育进程的推进光谱反射率有着明显的变化,尤其是拔节期的光谱反射率,在 750~1 300 nm 波段表现为籼稻品种拔节期的光谱反射率明显高于其他时期,梗稻品种拔节期的光谱反射率明显低于其他时期。在 350~1 300 nm 波段,仍是扬两优 6 号在不同生育期的光谱反射率波动最大。

前人对不同品种水稻的生长进行了光谱监测试验

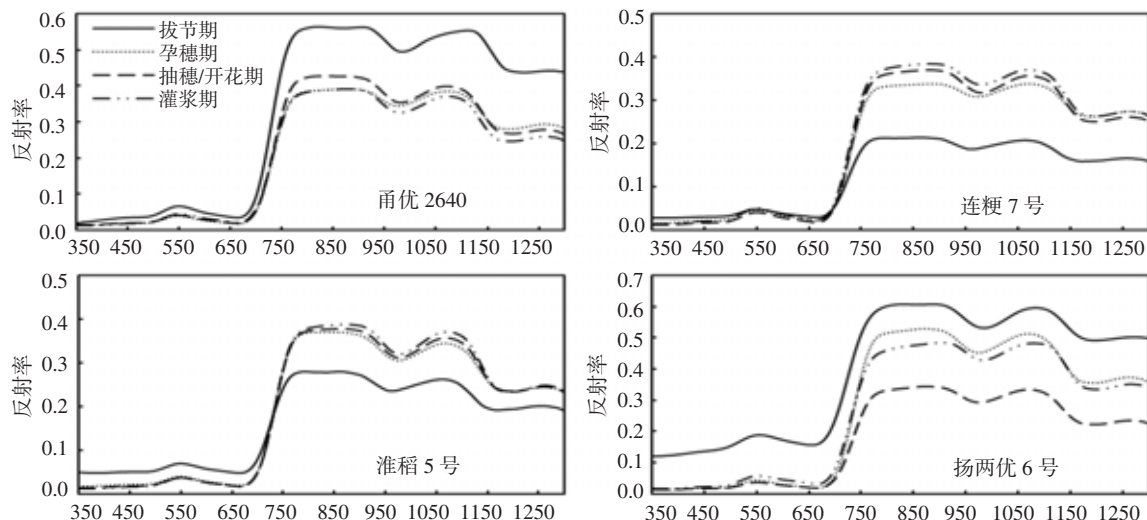


图2 同一品种不同生育期水稻光谱曲线

研究,但所选品种均为粳稻,同时在光谱差异上也没有具体的分析<sup>[9]</sup>。也有人利用光谱反演了水稻叶片的氮素含量,但品种少(1个品种)、时期少(1个时期),结果不具备代表性。本研究选择2个籼稻品种和2个粳稻品种作为研究对象,分别测定拔节期、孕穗期、抽穗/开花期和灌浆期的水稻冠层光谱反射率。结果表明,同一时期不同品种间水稻冠层光谱反射率存在一定差异,同一品种不同时期水稻冠层光谱反射率也存在一定差异,结果反映了不同品种、不同时期的水稻冠层光谱特征。因此,在今后水稻高光谱的研究中,应考虑不同品种和不同生育期的影响。由于受到试验材料及人力等因素的影响,本研究所选品种仍相对偏少,籼稻与粳稻品种的差异还需进一步研究确定,扬两优6号与其他品种的特殊差异也需作进一步验证。

#### 参考文献

- [1] Stroppiana D, Boschetti M, Brivio P A, et al. Plant nitrogen concentration in paddy rice from field canopy hyperspectral radiometry[J]. *Field Crop Res*, 2009, 111(1): 119-129.
- [2] 郑志雄,齐龙,马旭,等. 基于高光谱成像技术的水稻叶瘟病病害

程度分级方法[J]. *农业工程学报*, 2013, 29(19): 138-144.

- [3] 杨杰,田永超,姚霞,等. 水稻上部叶片叶绿素含量的高光谱估算模型[J]. *生态学报*, 2009, 29(12): 6 561-6 571.
- [4] 张浩,欧阳由男,王会民,等. 识别不同水稻株型的高光谱模式方法的建立[J]. *核农学报*, 2010, 24(6): 1 274-1 279.
- [5] 杨晓华,黄敬峰,王秀珍,等. 基于支持向量机的水稻叶面积指数高光谱估算模型研究 [J]. *光谱学与光谱分析*, 2008, 28 (8): 1 837-1 841.
- [6] Thenkabail P S, Smith R B, Pauw E D. Hyperspectral vegetation Indices and their relationships with agricultural crop characteristics[J]. *Remote Sens Environ*, 2000, 71(2): 158-182.
- [7] 梁守真,施平,马万栋,等. 植被叶片光谱及红边特征与叶片生化组分关系的分析[J]. *中国生态农业学报*, 2010, 18(4): 804-809.
- [8] 王纪华,赵春江,黄文江. *农业定量遥感基础与应用*[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [9] 殷丽萍,邹忠,王冬梅,等. 水稻不同品种光谱监测试验研究[J]. *现代农业科技*, 2016(19): 13-15.
- [10] 王树文,赵越,王丽凤,等. 基于高光谱的寒地水稻叶片氮素含量预测[J]. *农业工程学报*, 2016, 32(10): 187-194.
- [11] 张国圣,许童羽,于丰华,等. 基于高光谱的水稻叶片氮素估测与反演模型[J]. *浙江农业学报*, 2017, 29(5): 845-849.

## Canopy Spectral Characteristics of Different Varieties of Rice during Main Growth Stages

WU Wei, CHEN Wen, CHEN Yingying, LIU Tao, SUN Chengming\*

(Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province / Co-innovation Center for Modern Production Technology of Grain Crops, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China; \*Corresponding author: cmsun@yzu.edu.cn)

**Abstract:** Based on the two *indica* rice varieties and two *japonica* varieties, the difference of canopy spectral reflectance between different rice in major growth period, and the variation trend of canopy spectral reflectance of different varieties at different growth stages were analyzed. The results showed that the differences of canopy spectral reflectance in 350~750 nm band was very small, but the differences of canopy spectral reflectance were gradually decreased with the advance of the growth process in 750~1300 nm band. There had obvious difference of canopy spectral reflectance of each variety at the same growth stage, and also had obvious difference of canopy spectral reflectance of the same variety at different growth stages. Therefore, the effects of different varieties and different growth stages should be considered in the hyperspectral study of rice.

**Key words:** rice; variety; growth stage; spectral characteristic