

文章编号 :1003-8701(2011)06-0009-04

作物冠层光谱的获取和应用研究进展

杨粉团,李刚,姜晓莉*,曹庆军

(吉林省农业科学院 / 农业部东北作物生理生态与耕作重点实验室,长春 130033)

摘要:作物冠层光谱受作物的色素、组织结构和冠层结构影响。通过获取冠层光谱,适当数学运算后和农学参数建立相关监测模型,可以监测作物的长势、营养状况、病害危害情况、产量及品质。本文综述了国内近十年来作物冠层光谱的获取方法、光谱分析方法和应用领域,并展望了未来发展方向。

关键词:作物;冠层;光谱

中图分类号:S127

文献标识码:A

Progress of Researches on Acquisition and Application of Crop Canopy Spectrum

YANG Fen-tuan, LI Gang, JIANG Xiao-li*, CAO Qing-jun

(Academy of Agricultural Sciences of Jilin Province/ Key Laboratory of Crop Physiology and Ecology & Tillage of Northeast China, Ministry of Agriculture, Changchun 130033, China)

Abstract: Crop canopy spectrum is influenced by crop pigments, vegetation and canopy structure. By acquisition of crop canopy spectrum and building model with agronomy parameter, we can monitor the crop growth, plant deficiency, plant diseases, crop yield and seed quality. Studies on crop canopy spectrum of ten years were summarized in the paper, which included collecting method, analysis measures, application field and directions of development in the future.

Keywords: Crop; Canopy; Spectrum

作物冠层光谱特征反映作物的色素、组织结构和冠层结构的综合信息,是遥感方法探测冠层信息的重要依据。通过遥感技术对冠层光谱进行获取和分析,具有简单、快速、精度高和无损测定等优越性,成为获取农田生物环境信息的重要手段,在作物长势监测、营养诊断、精准施肥管理、产量估测、以及病害监测等方面都有探索性研究、初步应用和总结^[1]。本文综述了国内近十年来作物冠层光谱的获取方法、光谱分析方法和应用领域,分析了存在的问题并展望了未来发展方向。

1 作物冠层光谱数据的获取

收稿日期:2011-10-15

基金项目:国家玉米产业技术体系(CARS-02-17);“十二五”粮丰工程项目(2011BAD16B10);国家自然科学基金项目(31071370)

作者简介:杨粉团(1979-),女,博士,主要从事作物遥感研究。

通讯作者:姜晓莉,女,副研究员, E-mail: jxl1990@sohu.com

1.1 获取手段

目前国内获取近地冠层高光谱多用美国 ASD 公司生产的 Filedspec FR 2500 型便携式高光谱仪和 Filedspec HH 光谱辐射仪,成像高光谱仪多用中科院上海技术物理研究所研制的实用型模块化成像光谱仪 OMIS (Operative Moudular Imaging Spedtrometer)。冠层多光谱测定多用美国 Cropscaan 公司生产的 MSR-16 型便携式多光谱辐射仪。此外还有提供红外和近红外特定波长反射率的 GreenSeeker 505 植物冠层光谱测定仪。

光谱采集时根据仪器的要求一般探头距植株冠层顶部上方 40~100 cm 处垂直测定,通常采用 15°~31° 视场角,时间最好选择晴朗无云或少云的天气 10:00~14:00 进行,根据试验安排,每小区最好多测几个重复。

1.2 分析方法

数据采用相关分析软件进行处理,分析方法

有直接利用光谱反射率,或光谱值的导数、微分及连续统去除法运算,也可进行原始光谱反射率多波段组合成相关植被指数,再明确获取的光谱参数和目标农学变量的相关关系,并进行显著性测验;或进行线性回归、多元回归或逐步回归,建立反演预测模型,进行精度评价。

2 冠层光谱的应用

2.1 作物叶绿素相关指标监测

叶绿素是农作物生长中重要的因素,也是冠层光谱特征能反映的主要农学参数,通常考查叶绿素含量和叶绿素密度两个指标。叶绿素含量既表明作物生长的状况,又表征了作物的生产能力,一直是农学家首选的测定指标,也是冠层光谱较易提取的指标。前人在水稻、小麦、玉米、大豆和烤烟等作物上都做了作物叶绿素监测相关的研究。王秀珍^[2]等发现 712.24 nm 波长反射率一阶微分光谱与水稻叶片叶绿素含量相关系数高;张俊华^[3]等选择 NDVI (560,760) 反演冬小麦叶片叶绿素含量;孙红^[4]等用 DVI(R714- R667)来监测玉米叶片叶绿素含量;乔欣^[5]等利用红边振幅建立了模拟大豆叶片叶绿素含量的函数;王建伟^[6]等筛选出 RVI(730,550)可以监测烟草叶片叶绿素含量,均取得了较好的模型和模拟精度。

叶绿素密度(单位面积农作物的叶绿素含量)是估计农作物群体生产力的重要指标。吴长山^[7]等筛选出 762 nm 的近红外光,通过导数和线性回归模拟水稻和玉米的叶绿素密度取得较好效果。杨峰^[8]等筛选出二次修正土壤调节植被指数(MSAVI2)和 800 nm 处的光谱反射率与水稻和小麦的叶绿素密度建立了线性回归模型。谭海珍^[9]等通过自主研发的 MSI200 型成像光谱仪通过冠层反射光谱的导数和植被指数计算来监测小麦的叶绿素密度。陈燕^[10]等用 729 nm 的近红外通过微分运算模拟了棉花叶绿素密度。

2.2 作物叶面积指数(LAI)监测

叶面积指数(LAI)是衡量作物生长状况的重要生物物理参数,其大小与作物的光能利用、生长状况、产量和品质形成密切相关。通过冠层光谱测定和分析提取作物 LAI 以便快速便捷的监测作物的长势是可行的。王秀珍^[2]等发现在 743.37 nm 波长处,水稻发射率一阶微分光谱与 LAI 存在着最大的相关系数。杨峰^[8]等筛选出二次修正土壤调节植被指数(MSAVI2)和 800 nm 处的光谱反射率与水稻和小麦 LAI 建立了线性回归模型。张俊华^[11]

等研究发现用 GRVI 反演从拔节到孕穗期的夏玉米 LAI 效果最佳。柏军华^[12]等选出 VI(600,800)和 VI(550,800)估算棉花 LAI 水平最高。赵鹏举^[13]等发现 758 nm 的反射光谱和 734 nm 的一阶微分光谱均和棉花 LAI 呈极显著的线性相关,估算精度接近。刘国顺^[14]等筛选了多种光谱参数后发现,比值植被指数 RVI 可较好的模拟烟草 LAI。

2.3 作物氮素积累量相关指标监测

氮素是影响作物生长及产量品质形成最为显著的营养元素,因此,快速、无损、准确地获取作物氮素状况和长势动态,可以为实时生长诊断、追肥调控、作物子粒蛋白质形成及生产力预测提供理论依据。朱艳^[15]等发现 RVI(870,660)和 RVI(810,660)是水稻和小麦叶片的氮积累量相关性均较好的共性光谱参数。李立平^[16]等发现 NDVI 和 Red/NIR 可以预测小麦地上部氮素积累量。鲍艳松^[17]等以航空影像和地面冠层光谱数据结合同步监测小麦冠层氮素,利用倒高斯模型并结合 Lukina 变量施肥模型,可以将变量施肥技术更大范围的推广和应用。张俊华^[18]等在夏玉米开花期选择 NDVI(560,810)拟合作物含氮量,为夏玉米氮肥当季管理提供了有力的依据。此外,潘文超^[19]等通过棉花冠层高光谱参数直接监测土壤氮素含量,分别选用 P_Area1100、Depth980、Area672 和 PPR(550,540)建立的土壤氮含量监测模型可预测棉花蕾期、花期、铃期、吐絮期的土壤氮含量,可达到较高的精度。

2.4 作物干生物量监测

作为作物长势和产量监测的指标,干生物量一直是被研究者广泛关注的指标。刘国顺^[14]等、朱艳^[20]等和杨庆峰^[21]等分别用 RVI 监测了烟草、棉花和小麦的地上部生物量,均建立了线性预测模型,实测值和估测值均达到显著水平。张俊华^[11]等在夏玉米的研究中发现用 GRVI 反演从拔节到孕穗期的夏玉米地上部生物量效果最佳。

但是,孙金英^[22]等在研究油菜地上部干生物量时,将油菜的叶、茎和角果分别和 RVI 进行相关,结果显示和 RVI 相关性不显著,可以得知 RVI 只可以监测作物地上干生物量,将各器官分开之后,超出了遥感监测能力范围。

2.5 作物病害监测

对于作物病害监测,目前学者们的研究大部分还处于基础性工作,仅从受病害的作物单叶光谱反射特征入手进行研究,建立了单叶光谱特征和相关病害的相关模型,为用冠层光谱特征进行病害定性及定量诊断奠定了基础。

吴曙雯^[23]等通过对感染不同等级稻叶瘟的水稻冠层反射光谱进行测试,并对光谱反射曲线进行微分分析,结果表明:绿光区、红光区和近红外区的水稻冠层光谱反射率随病情程度的加重分别呈现下降、上升和下降的趋势;绿光吸收边缘的特征波长值发生红移,红光吸收边缘和近红外吸收边缘的特征波长值发生蓝移。受害轻时近红外区反射率变化幅度大,受害重时绿光区和红光区反射率变化幅度大。研究小麦条锈病冠层光谱时,张永江^[24]等利用 Fraunhofer 线原理提取的日光诱导荧光信息和病情指数呈极显著线性。蒋金豹^[25]等发现绿边内一阶微分总和(SDg)与红边内一阶微分总和(SDr)的归一化值为变量的线性模型是估测色素含量的最佳模型,可为小麦条锈病辅助诊断提供信息。罗菊花^[26]等研究结果表明 NDVI 值大于 $4.324 \times PRI + 0.976$ 的区域为条锈病胁迫发生区域,因此可量化区别小麦条锈病胁迫与常规水和水肥胁迫。刘良云^[27]等利用多时相遥感数据,结合准同步试验地块冠层光谱数据及配套农学数据,定量计算了条锈病和白粉病的产量损失。

3 问题与展望

综上所述,近十年来国内学者通过冠层光谱的获取和应用,在作物长势、营养状况和病害监测方面做了大量的探索并取得了一定的进展和成果,但在目前仍未大面积应用于生产实践。分析其原因主要存在以下问题,仍需更深入的研究。

3.1 获取过程的问题

现有的作物冠层光谱测定时,采用传感器探头垂直于作物冠层的方法,获得的是冠层和背景的混合光谱,虽然通过适当运算可以消除部分背景干扰,但群体植株几何形态^[28]、太阳高度角变化等均降低了遥感定量获取的准确性。所以探索新的作物冠层光谱遥感监测方法将是进一步提高冠层光谱实用性的途径。

3.2 现有模型的实用性问题

从上述研究结果可知,直接用单一波段冠层反射率或其数学运算结果监测作物相关农学指标存在较大的不确定性。而通过多波段信息综合进行数学计算构建的多种光谱特征参量可以部分提高遥感监测的准确性,通常选用的一些参数有 NDVI、DVI、RVI、VI 和 GRVI,但是参数较多实用性有待进一步验证。

此外由于作物品种特性,作物栽培管理模式和土壤背景差异很大,影响作物冠层光谱的因素

繁多,冠层光谱信息复杂,研究者建立的模型多为经验性统计模型,外推的适用性需要提高。

3.3 展望

作物冠层光谱分析是遥感技术在农业上实际应用的一部分,是精准农业不可或缺的内容,可为精准农业提供土壤肥力、作物生长状况的空间差异和受不良生物非生物逆境胁迫的严重程度等信息,以平衡地力,实施定位、定量的精准田间管理,使合理利用肥水资源、减少环境污染和大幅度提高农产品产量品质的可持续发展农业成为可能。通过光谱分析方法的改进和光谱监测模型的完善,随着农业智能系统、农业定量遥感和数字农业测控技术的发展,光谱传感器将集成到农业机械上,获取作物冠层光谱的同时进行快速运算,完成精准肥料管理、精准水分管理和病害监测等一系列程序化工作;作物冠层光谱分析将来结合航空航天高光谱成像遥感技术,进行多平台、大尺度的遥感监测也将是未来遥感技术最终在农业上的应用方向。

参考文献:

- [1] 李刚,杨粉团,姜晓莉,等. 遥感技术在玉米栽培中的应用研究进展[J]. 玉米科学, 2010, 18(5): 149-152.
- [2] 王秀珍,黄敬峰,李云梅,等. 高光谱数据与水稻农学参数之间的相关分析[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2002, 28(3): 283-288.
- [3] 张俊华,张佳宝. 不同生育期冬小麦光谱特征对叶绿素和氮素的响应研究[J]. 土壤通报, 2008, 39(3): 586-592.
- [4] 孙红,李民赞,张彦娥,等. 不同施氮水平下玉米冠层光谱反射特征分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30(3): 715-719.
- [5] 乔欣,马旭,张小超,等. 大豆叶绿素和钾素信息的冠层光谱响应[J]. 农业机械学报, 2008, 39(4): 108-116.
- [6] 王建伟,薛超群,周汉平,等. 烤烟冠层光谱参数与叶片叶绿素含量的相关分析[J]. 生态学杂志, 2010, 29(5): 876-880.
- [7] 吴长山,项月琴,郑兰芬,等. 利用高光谱数据对作物群体叶绿素密度估算的研究[J]. 遥感学报, 2000, 4(3): 228-232.
- [8] 杨峰,范亚民,李建龙,等. 高光谱数据估测稻麦叶面积指数和叶绿素密度[J]. 农业工程学报, 2010, 26(2): 237-243.
- [9] 谭海珍,李少昆,王克如,等. 基于成像光谱仪的冬小麦苗期冠层叶绿素密度监测[J]. 作物学报, 2008, 34(10): 1812-1817.
- [10] 陈燕,黄春燕,王登伟,等. 北疆棉花叶绿素密度的高光谱估算研究[J]. 新疆农业科学, 2006, 43(6): 451-454.
- [11] 张俊华,张佳宝,贾科利. 不同品种夏玉米光谱特征差异及其与农学参量相关性研究[J]. 土壤通报, 2010, 41(2): 287-293.
- [12] 柏军华,李少昆,王克如,等. 棉花叶面积指数冠层反射率光谱响应及其反演[J]. 中国农业科学, 2007, 40(1): 63-69.
- [13] 赵鹏举,王登伟,黄春燕,等. 基于高光谱数据的棉花冠层 FPAR 和 LAI 的估算研究[J]. 棉花学报, 2009, 21(5): 388-393.
- [14] 刘国顺,李向阳,刘大双,等. 利用冠层光谱估测烟草叶面积指数和地上生物量[J]. 生态学报, 2007, 27(5): 1763-1771.
- [15] 朱艳,姚霞,田永超,等. 稻麦叶片氮积累量与冠层反射

- 光谱的定量关系[J]. 植物生态学报, 2006, 30(6): 983-990.
- [16] 李立平, 张佳宝, 邢维芹, 等. 手持式植物冠层光谱测定仪在黄淮海平原地区冬小麦氮肥精准管理中应用的初步研究[J]. 麦类作物学报, 2006, 26(4): 85-92.
- [17] 鲍艳松, 王纪华, 刘良云, 等. 不同尺度冬小麦氮素遥感监测方法及其应用研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(2): 138-144.
- [18] 张俊华, 张佳宝, 钦绳武. 不同施肥长期定位试验地夏玉米冠层光谱特征研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(4): 874-879.
- [19] 潘文超, 李少昆, 王克如, 等. 基于棉花冠层光谱的土壤氮素监测研究[J]. 棉花学报, 2010, 22(1): 70-76.
- [20] 朱艳, 吴华兵, 田永超, 等. 基于冠层反射光谱的棉花干物质积累量估测[J]. 应用生态学报, 2008, 19(1): 105-109.
- [21] 杨庆峰, 王纪华, 莫良玉, 等. 基于冠层反射光谱的冬小麦干物质积累量的估测研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(24): 10436-10438.
- [22] 孙金英, 黄云, 曹洪鑫, 等. 油菜地上生物量与冠层光谱植被指数之间的相关分析[J]. 广西农业科学, 2009, 40(6): 717-723.
- [23] 吴曙雯, 王人潮, 陈晓斌, 等. 稻叶瘟对水稻光谱特性的影响研究[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2002, 20(1): 73-84.
- [24] 张永江, 黄文江, 王纪华, 等. 基于 Fraunhofer 线的小麦条锈病荧光遥感探测[J]. 中国农业科学, 2007, 40(1): 78-83.
- [25] 蒋金豹, 陈云浩, 黄文江. 病害胁迫下冬小麦冠层叶片色素含量高光谱遥感估测研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2007, 27(7): 1363-1367.
- [26] 罗菊花, 黄文江, 韦朝领, 等. 冬小麦条锈病与常规胁迫的定量化识别研究 - 高光谱应用[J]. 自然灾害学报, 2008, 17(6): 115-118.
- [27] 刘良云, 宋晓宇, 李存军, 等. 冬小麦病害与产量损失的多时相遥感监测[J]. 农业工程学报, 2009, 25(1): 137-143.
- [28] 杨长明, 杨林章, 韦朝领, 等. 不同品种水稻群体冠层光谱特征比较研究[J]. 应用生态学报, 2002, 13(6): 689-692.

(上接第3页)稻田养鸭模式能够获取更多的经济效益, 稻田养蟹次之, 稻田养鱼最少, 稻鸭共作模式可作为该地区稻作复合生态种养技术的主体模式推广和应用。

参考文献:

- [1] 展茗. 不同稻作模式稻田碳固定、碳排放和土壤有机碳变化机制研究[D]. 华中农业大学博士毕业论文, 2009.
- [2] 侯立刚, 赵国臣, 刘亮, 等. 有机水稻生产稻鸭共作防治杂草、害虫的研究[J]. 吉林农业科学, 2009, 34(3): 36-38.
- [3] 杨星星, 谢坚, 陈欣, 等. 稻鱼共生系统不同水深对水稻和鱼的效应[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(2): 73-74.
- [4] 刘鸣达, 安辉, 王厚鑫, 等. 不同稻蟹生产模式效益比较的初步研究[J]. 中国土壤与肥料, 2009(1): 53-56.
- [5] 马在元, 倪飞. 稻-蟹-泥鳅田生态系统效益分析[J]. 北方水稻, 2008, 38(3): 85-87, 90.
- [6] 沈晓昆, 王志强. 日本稻鸭共作技术及生态农牧业考察报告[J]. 中国家禽, 2002, 24(18): 34-37.
- [7] 赵连胜. 北方寒地养鱼稻田的水稻旱育稀植研究[J]. 渔业经济研究, 1996(4): 6-11, 19.
- [8] 朱清海, 李毓鹏, 徐春河, 等. 稻-萍-蟹立体农业的效益[J]. 生态学杂志, 1994, 13(5): 1-4.
- [9] 张苗苗, 宗良纲, 谢桐洲. 有机稻鸭共作对土壤养分动态变化和经济效益的影响[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(2): 256-260.
- [10] 谢俊龙, 熊国远. 稻鸭共生技术对水体生态环境的影响研究[J]. 畜牧与饲料科学, 2010, 31(3): 141-142.
- [11] 侯立刚, 赵国臣, 刘亮, 等. 有机水稻生产环境下稻鸭共作对产量构成因素的影响[J]. 吉林农业科学, 2009, 34(6): 10-12.
- [12] 甄若宏, 王盛强, 周建涛, 等. 稻鸭共作复合系统的生态环境效应研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(21): 9008-9011, 9021.
- [13] 陈飞星, 张增杰. 稻田养蟹模式的生态经济分析[J]. 应用生态学报, 2002, 13(3): 323-326.
- [14] 杨志辉, 黄璜. 稻鸭复合生态系统稻田土壤质量研究[J]. 土壤通报, 2004, 35(2): 118.