基于卫星遥感影像的小麦品质监测综述

丁大伟1、季敏2、邓国强2、庞强1、丁峰1

1张家港市农业试验站 2扬州大学农学院

项目信息：苏州市农业科技创新项目（SNG2017064）

摘要：小麦是我国也是江苏省两大粮食作物之一，在我国粮食生产中有着十分重要的地位。党的十八大以来，我国社会主要矛盾已经转变为我国人民对美好生活的需要同发展不平衡不充分之间的矛盾。在农业领域内，人们对小麦生产的要求从之前单纯的追求高产转向优质，高产，专用，如何提高小麦品质成为我国广大科技工作者的一项重要工作。小麦籽粒的氮素营养水平与小麦籽粒品质密切相关。利用卫星遥感技术，不仅能够准确，迅速，无损地监测小麦生长发育过程，可实现大面积连续监测，估测病虫害等；而且有利于实现高产，优质和高效栽培；有利于减少氮肥污染，提高氮肥利用率；有利于对小麦进行实时监测，辅助政府决策，提高政府，农技部门及相关企业的管理水平。本文主要论述了卫星遥感影像技术在小麦生产领域应用的理论依据，演变过程和最新状况，为研究小麦品质监测提供一定的帮助。

关键词：小麦，卫星遥感，品质监测

**1前言**

1.1卫星遥感技术在农业上的应用演变

卫星遥感技术在农业上的应用主要经历以下两个阶段

一．估产阶段（1960-2000）

上世纪六十年代，卫星遥感技术应用于农业，林业，海洋，水文等领域，产生了较大的经济和社会效益。上世纪70年代末，美国利用陆地卫星多光谱图象进行的三年大面积作物估产试验证明:通过卫星可以监视全球的粮食和纤维植物生产。大面积作物估产试验计划将世界主要小麦产区的面积，单位面积产量和总产量的估算精度提高到90%以上。【1】

1980~1986年又开展了“农业和资源的空间遥感调查计划(AGRISTARS)”，进行国内、世界多种粮食的作物长势评估和产量预报，取得了巨大的经济效益。遥感技术在我国农业部门的应用始于20世纪70年代末，根据当时全国农业资源区划工作的要求，在国家计委、国家科委、财政部和联合国粮农组织、联合国开发计划署等的支持下，农业部门的遥感技术应用工作经历了“六五”期间的技术、设备引进和人才培训，“七五”“八五”期间的技术攻关、实验研究和部分生产服务，到“九五”期间的实用化，运行服务系统的建立，已经成为初具规模、能够承担农业资源调查及动态监测、农作物估产、农业灾害监测及损失评估等多种任务的农业遥感应用主力军之一。【2】

1. 观察理化特性参数及作物品质监测阶段（2000-至今）

2001年，中国加入世界贸易组织后，面临着大量来自国际市场上的农产品冲击。提高粮食品质，及时掌握我国粮食生产现状成为辅助政府宏观调控和市场决策的关键措施。我国关于粮食产量及品质的调查主要有两种方法：一种方法是以行政区划为单位，逐级上报；这种方法耗时较长，且由于人为因素的原因数据准确性较低。数据的收集速度较为缓慢，至少要秋后才能完成统计，这不利于政府部门进行宏观调控和农业企业的收购。另一种方法是让各地农业单位派遣相关人员进行实际调查在进行汇总收集；这种方法准确性较高，但消耗的人力成本和时间成本非常地大；同时采集的数据以样点为主，无法得知当地小麦整体的具体品质水平。大面积，连续，实时，无损地对小麦进行产量和品质监测成为农业科研工作者研究的一项热点，国内外相继进行了卫星遥感对作物理化特性参数和品质监测的研究。

田庆久等（2000）发现小麦叶片含水量与1450 nm处的光谱吸收特征峰深度和面积具有良好的线性回归关系, 说明利用地物光谱仪直接测量小麦叶片光谱, 从而对小麦水分含量进行活体测定是可能的, 且方便快捷, 节时省力。

但研究结果主要是针对地面测定技术开展研究的,对于高空机载或卫星遥感技术而言,由于 1450nm光谱段位于大气窗口之外,为大气水吸收波段,因此利用高空遥感技术获取该波段的高质量数据比较困难.能否将该研究结果应用在高空遥感技术和应用方面,要依赖于高空遥感技术的发展和遥感器性能的提高,以及大气订正技术的发展和完善。【3】

祖冬琦等（2002）论述了利用遥感影像提取农作物面积、产量的主要影响因子, 以及解译影像的具体方法。【4】

黄文江等（2004）研究表明利用运用红边参数反演叶片全氮和可溶性糖含量进而预测小麦蛋白品质是可行的。为生产上利用遥感手段大面积、无破坏、及时评价冬小麦生长状态和在开花期进行小麦品质的预测预报研究提供重要依据。【5】

宋晓宇等（2006）发现利用遥感技术来进行小麦籽粒蛋白质等主要品质指标的预测是可行的。为利用遥感技术监测小麦长势和籽粒品质提供了理论依据 ,也开辟了遥感应用的新途径。【6】

扬州大学（2008）经过4年努力，研究的稻麦产量和品质遥感监测与预报技术已基本获得成功，准确率达到90%以上。通过卫星遥感技术，可清晰地测定出仪征市从沿江到后山区一带，弱筋小麦产量高、品质稳定，是制作饼干、糕点食品的上好原料。根据相关部门提供的材料显示，仪征地区小麦亩产达 380 公斤以上，且性状稳定，病虫害等也被控制在一定区域内，这恰好与卫星遥感的数据“不谋而合”。【7】

谭昌伟等（2010）发现叶片氮含量与籽粒蛋白质，湿面筋及淀粉间均呈显著或极显著相关，但以开花期关系最为密切，说明开花期可作为遥感预测籽粒品质更为理想的时期。【8】

杨峰等（2010）发现叶面积指数和叶绿素密度在水稻和小麦两作物整个生育期内的变化趋势均呈现抛物线，能够作为遥感监测作物生长状况及产量估算的重要参数。

综上所述，国内外对作物产量的预估和监测已广泛应用，且效果较好。但对于小麦的品质监测和研究尚未完全成熟，只有约不到二十年的时间。

**2.卫星遥感影像技术原理简介**

2.1遥感概念

遥感的英文是“Remote Sensing”，简称为“RS”，意即“遥远的感知”。其科学含义一般是指从远距离，不实际接触物体，而是通过对物体发出的电磁波的测量获得信息，进而综合运用物理原理、数学方法和地学规律进行分析研究的一门新兴探测科学技术。遥感就是对地球表面的地学过程及特征进行物理量测量，并以数字量的形式客观地收集、记录、传输、处理和重现这一信息的科学。RS是一种空间信息获取的高新技术，具有宏观性和综合性，时效性和动态性，以及成本相对较低等特点，并与地理信息系统(GIS) 和全球定位系统(GPS)结合，被称之为“3S”技术，能够快速准确地收集农业资源和农业生产的相关信息,且及时准确获取农业相关信息，对作物生长进行宏观动态监测和实时指导作物生产具有独特的优势。【9】

以卫星为搭载平台获得的多光谱，高光谱及热红外影像则适合区域尺度的作物估测研究，即为卫星遥感。

2.2卫星遥感影像与传统监测方法的比较

在小麦生产过程中，适时掌握小麦长势信息，尤其氮素状况，对管理措施的实施及田间初步品质分类尤为重要。传统的检测小麦氮素营养状况多为田间取样、室内分析测试的方法,所选样点易受主观因素影响，且不能实现大面积的连续监测，因而难以实现精确的分类管理。高分辨率的地物光谱仪应用于简单、快速、非破坏性地估测植物冠层生物化学组成的前景正引起越来越多的关注，由于传感器等遥感技术的发展，大面积监测植物营养状况的研究也取得了很大进展( Shibayama等，1986; Wessman 等，1989; 浦瑞良和宫鹏，1997). 随着国内外定量遥感理论与技术发展迅速，在小麦长势监测、产量估计、病虫害预报等方面积累了大量资料，有关小麦品质研究的非遥感信息资料为遥感监测品质奠定了基础，其它作物品质监测管理已有成功先例。

**3小麦品质监测原理**

3.1小麦特征光谱

物质在各种力的相互作用下，会在某些特定的波长位置形成反映物质成分和结构信息的光谱吸收和反射特征。小麦在各个波段都具有典型的反射光谱特征，利用卫星遥感对这些反射光谱特征进行观测和数据采集，可有效探明小麦含有的尤其是氮素的物质含量，明晰小麦的品质状况。

3.2氮素含量对小麦品质的影响

氮素是植物体内必须的大量元素之一，对植物的生长，分化和发育起着直接的，不可替代的，必不可少的作用，被称作“生命元素”。氮是蛋白质，核酸和磷脂的主要成分，而这三种物质又是原生质，细胞核和生物膜等结构物质的主要成分，对小麦籽粒的形成具有重要的作用。同时，氮也是叶绿素的主要组分，对小麦的产量和品质形成影响很大。小麦缺氮时会导致生长矮小，分蘖少；影响叶绿素的合成，产量降低。氮素过多则会导致小麦生育期延长，易患病，易倒伏，还会导致环境污染。刘良云等（2003）研究发现小麦叶片全氮含量在各个时期与籽粒品质大多达到显著或极显著水平。【10】

3.3红边参数对小麦品质的监测

红边(red edge)是由于植被在红光波段叶绿素强烈的吸收与近红外波段光在叶片内部的多次散射而形成的反射率急剧上升,形成陡而近于直线的斜边。反射光谱曲线中的这种特殊形态为植物所特有,国内外学者对此一直给予高度的关注,并称其为“红边” ,其波长位置一般处于660～770 nm。黄文江等（2004）通过选取红边参数红边位置、红吸收峰、红边振幅、 最小振幅、红边峰值面积5个指标与反映作物碳-氮代谢的典型生物化学参数叶片全氮和叶片可溶性糖进行相关分析,表明：可以运用红边位置来反演叶片可溶性糖含量 ,可以运用归一化最小振幅来反演叶片全氮含量。 建立了红边参数与其显著相关组分间的回归方程,并利用不同地点开展的验证试验数据，对建模试验所建立的回归方程进行了检验。【11】

3.4叶绿素含量对小麦品质及产量的监测

农作物的物质积累量取决于叶面积和叶片的净光合速率，两者主要通过叶面积指数和叶绿素含量来决定。干物质生产的初期主要取决于叶面积的大小，随着生育期的进程，叶面积大小对物质生产的效果逐渐减小。而叶片光合速率在物质生产的初期对干物质生产作用不大，但其后期作用越来越大，决定着干物质最终的生产。

**4品质监测的最新进展**

白雪娇（2013）研究探明冬小麦冠层叶片氮素含量，叶绿素含量和叶面积指数可以指示植物的氮素状况和生产潜力，通过对冬小麦冠层叶片氮素含量，叶绿素含量和叶面积指数的高光谱遥感监测，能够适时动态地诊断冬小麦氮素营养状况和长势，指导田间精准农作管理。

【12】

金正婷（2016）研究发现叶面积指数，叶片叶绿素含量和地上生物量与赤霉素病情指数都呈正相关，三者在一定程度上都能反映小麦群体的长势状况。【13】

李振海（2016）发现DSSAT作物模型结合遥感同化和气象预报在灌浆期可以用于区域尺度冬小麦产量和籽粒蛋白质含量预报。【14】

王琦（2019）发现在GPC(籽粒蛋白质含量）模型构建时加入地理位置信息，能更加准确的预测冬小麦籽粒蛋白质含量，具有一定的有效性和可行性，对实现利用遥感进行区域性冬小麦GPC的快速监测预测具有一定借鉴价值。【15】

**5.总结**

卫星遥感技术的快速发展，为大面积，连续，准确，及时，无损得进行农业估产，长势和品质监测提供了技术支持，提高了政府，农业企业，农业从业者的管理水平，有利于我国小麦生产从高产向优质，高效和专用方向发展。

参考文献：

【1】蔺淑英，陆地卫星小麦估产试验获得成功，国外空间动态，1979

【2】张旭东等，卫星遥感监测江苏省小麦籽粒产量和品质初步探索，2009

【3】田庆久等，用光谱反射率诊断小麦水分状况的可行性分析，科学通报，2000

【4】祖冬琦等，利用遥感影像提取农作物面积和预测产量的方法，加入W TO和科学技术与吉林经济发展，2002

【5】黄文江等，红边参数在作物营养诊断和品质预报上的应用，农业工程学报，2004

【6】宋晓宇等，ASTER卫星遥感影像在冬小麦品质监测方面的初步应用，农业工程学报，2006

【7】我卫星遥感监测小麦品质技术获得成功，科技新闻，2008

【8】谭昌伟，稻麦主要调优栽培指标的遥感监测研究，2010

【9】谭昌伟，稻麦主要调优栽培指标的遥感监测研究，2010

【10】刘良云等，小麦卫星品质遥感研究进展，第十四届全国遥感技术学术交流会，2003

【11】黄文江等，红边参数在作物营养诊断和品质预报上的应用，农业工程学报，2004

【12】白雪娇，冬小麦氮素营养及其冠层生物理化参量高光谱遥感监测，2013

【13】金正婷，利用卫星遥感估测冬小麦长势和赤霉病的研究，2016

【14】李振海，基于遥感数据和气象预报数据的DSSAT模型冬小麦产量和品质预报，2016

【15】王琦，区域冬小麦籽粒蛋白质含量遥感预测研究，2019