

# 利用航空成像光谱数据研究土壤供氮量及变量施肥 对冬小麦长势影响

宋晓宇, 王纪华, 薛绪掌, 刘良云, 陈立平, 赵春江

(国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100089)

**摘要:** 以推扫式成像光谱仪 PHI(Pushbroom Hyperspectral Imager) 获取的冬小麦拔节期、灌浆初期及乳熟期的航空影像数据为基础, 提取反映冬小麦长势的光谱特征值, 结合地面调查数据, 分析了研究区冬小麦的长势情况; 对不同时期光谱特征值与土壤基础供氮量、土壤总供氮量以及变量施肥量进行统计分析, 分析结果显示: 土壤基础供氮量、土壤总供氮量的空间分布差异对冬小麦长势有明显的影响, 其中, 土壤基础供氮量是影响冬小麦长势的重要因素, 它对冬小麦的长势影响贯穿冬小麦的整个生育期; 此外, 该文还通过变量施肥前后作物光谱信息的变化, 建立了冬小麦拔节期与灌浆初期光谱特征值的变化量与变量施肥量之间的联系, 对变量施肥的效果进行了初步的评价; 研究结果表明: 变量施肥能够改善冬小麦长势状况; 通过变量施肥, 土壤基础供氮量的空间分布差异对作物长势的影响能够得到一定的控制。

**关键词:** PHI(Pushbroom Hyperspectral Imager); 高光谱影像数据; 基础供氮量; 变量施肥; 土壤总供氮量

**中图分类号:** S512.1; S143.1; S556.5; TP274

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2004)04-0045-05

## 0 引言

成像光谱技术是一项用高光谱分辨率(5~15 nm)在连续光谱范围内(可见光至近红外、短波红外、热红外), 以数十甚至数百波段数成像的技术<sup>[1]</sup>。这种图谱合一的近乎连续的地物光谱信息技术, 在获取植被冠层信息、作物长势监测、以及作物估产等方面发挥了越来越大的作用, 使得利用光谱特征模型大面积诊断地物特征成为可能。目前, 成像光谱技术已经是精准农业的核心技术之一, 它通过地面、航空、卫星平台获取作物的波谱信息, 能够很好的反映作物和土壤营养在空间上连续变化的特征, 监测到农田内米级单位的小区作物长势的差异, 结合信息处理模型、方法, 揭示农作物体内水分、营养状况和长势等基本信息, 为科学、精确的农田管理提供依据<sup>[2]</sup>。

另一方面, 对于同一空间位置的作物而言, 通过成像光谱遥感技术所获得的时间序列图像, 包含了作物一定的生长发育长势信息, 而作物长势的差异反映了农田基础地力和追肥量尤其是氮肥用量的不同, 前者可作为评价土地资源优劣的参考, 后者对于评价施肥效果和农田化肥污染具有重要价值。如何提取上述信息尚缺少研究。本文以推扫式成像光谱仪 PHI(Pushbroom Hyperspectral Imager) 获取的冬小麦拔节期、灌浆初期及乳熟期的三景航空影像数据为基础, 提取反映冬小麦长势的光谱特征值, 结合地面调查数据, 对不同时期光谱特征值与土壤基础供氮量、土壤总供氮量以及变量施肥量进行统计回归分析, 以此获得了研究区基础地力的差异情况以及变量施肥对作物长势的影响程度; 此外, 本文还通过变量施肥前后作物光谱信息的变化, 建立了冬小麦拔节期与灌浆初期光谱特征值的变化量与

变量施肥量之间的联系, 对变量施肥的效果进行了初步的评价。

## 1 试验处理及数据获取

### 1.1 试验处理

北京精准农业示范工程基地(以下简称试验基地或基地)位于北京昌平小汤山镇东北部, 占地 167 km<sup>2</sup>, 地处北纬 40°10'31"~40°11'18", 东经 116°26'10"~116°27'05"。基地内地势平坦, 地块内大田生产力存在明显的空间差异, 是高光谱遥感试验的理想场地。

本研究于 2002 年在基地变量施肥试验区进行, 研究对象是 2002 年生长季的冬小麦。冬小麦品种为京冬 8 号, 2001 年 9 月 27 日播种, 施用 225 kg/hm<sup>2</sup> 磷酸二铵做基肥, 管理采用常规均一管理方式。2002 年 3 月 27 日, 试验区追施尿素 75 kg/hm<sup>2</sup>, 施用方法为均一施肥。试验区分为两部分, 北部 180 m × 180 m 区域为变量施肥区, 南部 180 m × 180 m 区域为对照区, 变量区与对照区管理措施都一样, 只有 4 月 25 日追肥措施不同, 对照区采用均一施肥方式, 而变量区采用变量施肥的方式, 两区域追肥量总量相同。变量施肥处方单元大小为 18 m × 18 m, 根据施肥处方单元土壤碱解氮实测数据和全生育期小麦总吸氮量数据, 生成追肥处方图。

其追肥量由下式确定:

$$\text{追肥量} = (\text{小麦总吸肥量} - \text{基肥含氮量} - \text{土壤供肥量}) / 0.5 \quad (1)$$

式中 0.5 为化肥当季利用率, 依据的是佐藤一弘(2000 年)的研究结果。

$$\text{小麦总吸肥量} = \text{目标产量} \times 0.03 \quad (2)$$

目标产量为同区域 2001 年小麦产量的 1.4 倍; 0.03 为每生产 1 kg 籽粒吸收的纯氮量(高山敏之, 2000)。

土壤供肥量用下式计算:

$$\text{土壤供肥量} = (\text{播前碱解氮浓度} - 50) \times \text{耕层土质量} \quad (3)$$

收稿日期: 2003-10-13 修订日期: 2004-05-12

基金项目: 国家 863 计划项目(2002AA 243011)资助

作者简介: 宋晓宇(1973-), 女, 助理研究员, 北京市板井 国家农业信息化工程技术中心, 100089

式中  $50 \text{ mg/kg}$  是土壤碱解氮浓度的下限, 低于此值则小麦遭受氮素胁迫(黄德明, 1995), 文中的耕层厚度按  $20 \text{ cm}$  计算<sup>[5]</sup>。

## 1.2 数据获取

### 1.2.1 农田土壤基础供氮量数据获取

土壤基础养分测定在小麦施基肥前进行, 取样按照  $18 \text{ m} \times 18 \text{ m}$  网格取混合土样, 布点时用 DGPS 记录样点的经纬度坐标, 每个采样点由 5 个土钻复合而成, 土钻位置分布于半径小于  $5 \text{ m}$  的同心圆内, 取  $0 \sim 30 \text{ cm}$  土样, 测定土壤硝态氮和碱解氮含量, 作为土壤基础供氮量数据。

### 1.2.2 图像光谱数据获取

2002 年基地共开展了 3 次飞行数据获取试验, 时间分别是 4 月 18 日(冬小麦拔节期)、5 月 17 日(冬小麦灌浆始期)和 5 月 31 日(冬小麦乳熟期); 飞行使用的传感器是由中科院上海技术物理所研制的 PHI (Pushbroom Hyperspectral Imager) 高光谱成像光谱仪, 为面阵推扫型, 光谱分辨率  $< 5 \text{ nm}$ , 光谱范围  $411.9 \sim 832.8 \text{ nm}$ , 共 112 个波段。其主要光学参数及数据采集参数如下所示<sup>[3]</sup>, 总视场:  $21^\circ$ ; 瞬时视场:  $1 \text{ m rad}$ ; 光谱范围:  $411.9 \sim 832.8 \text{ nm}$ ; 光谱分辨率:  $< 5 \text{ nm}$ ; 光谱采样: 244; 像元数:  $360 \text{ P/L}$ ; 输入数据速率:  $14 \text{ MB/s}$ ; 帧存容量:  $128 \text{ KB}$  (120 波段); PC 插槽: ISA 总线。每次飞行的航高为  $1000 \sim 1200 \text{ m}$ , 飞行航线为 7 个航带, 覆盖整个小汤山基地。获取的高光谱图像经辐射矫正、反射率转换和几何矫正, 几何矫正后的 PHI 图像具有北京 54 坐标, 重采样分辨率为  $1 \text{ m}$ <sup>[4]</sup>。

## 2 结果与分析

分析以变量施肥区 100 个变量施肥处方单元为基础, 处方单元除施肥量不同外, 采用常规均一管理方式, 可以保证具有适宜的土壤含水量。首先, 获取每一单元土壤基础供氮量、土壤总供氮量、变量施肥量、每一单元所对应的光谱特征值以及拔节期和灌浆始期光谱特征值的变化量; 其次, 进行统计回归分析, 分析流程见图 1。其中, 每一单元土壤基础供氮量是由其 4 个角点上土壤养分碱解氮实测值进行平均来取得的, 该值同时也可以用来评价单元土壤基础肥力; 变量追肥量由土壤追肥模型计算式(3)获得; 土壤总供氮量为单元土壤基础供氮量、基肥量、变量追肥量之和; 光谱特征值通过编程计算获取, 计算出图像中每一施肥单元对应的所有像元的光谱平均值, 作为该单元对应的光谱反射率值; 再次, 对每一单元对应的光谱反射率进行分析, 提取能够反映单元作物长势的光谱特征值, 计算拔节期和灌浆始期各单元光谱特征值之差, 即特征值变化量。

### 2.1 PHI 高光谱图像光谱特征值分析

PHI 图像光谱范围为  $411.9 \sim 832.8 \text{ nm}$ , 共 112 个波段, 光谱分辨率小于  $5 \text{ nm}$ 。对研究区不同施肥单元在拔节期的冬小麦光谱反射率进行了分析, 结果显示, 光谱反射率分异主要集中在 4 个波段范围内, 如图 2 所示。A、B、C、D 区域, 即 A 区,  $496.9 \sim 613.3 \text{ nm}$  的“绿

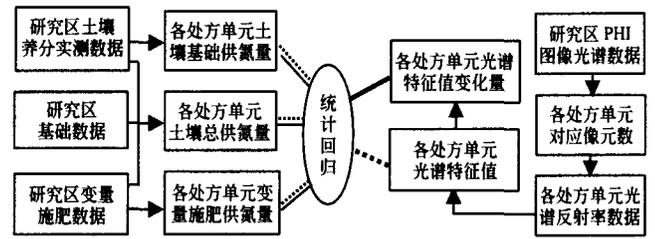


图 1 分析流程图

Fig 1 Analysis flow chart

峰”B 区,  $601.7 \sim 697.5 \text{ nm}$  的“红谷”C 区,  $678.5 \sim 779.8 \text{ nm}$  的“红边”以及 D 区,  $753.8 \sim 835.1 \text{ nm}$  的近红外反射平台。对灌浆初期及乳熟期的冬小麦光谱反射率进行分析的结果与拔节期类似。总体来看, 拔节期、灌浆初期、乳熟期 3 个生育期中不同施肥单元光谱反射率的分异在近红外反射平台最为明显。根据这些光谱反射率的分异进行光谱特征值的设计, 并最终选取了 9 个能够反映作物长势的光谱特征值, 其定义如表 1 所示。

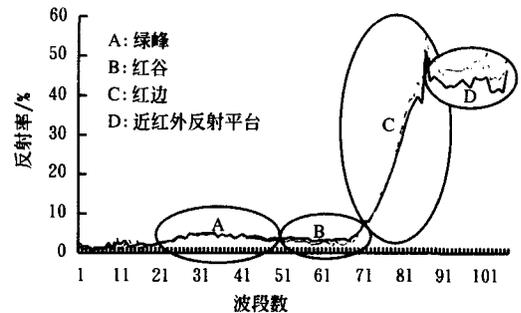


图 2 冬小麦拔节期不同施肥单元光谱反射率曲线及其分异位置示意图

Fig 2 Reflectivity curve of two fertilization units at winter wheat jointing stage and sketch of obvious difference position of spectrum reflectance curves

## 2.2 土壤基础含氮量、变量追肥量及土壤总含氮量与冬小麦光谱反射率相关分析

### 2.2.1 土壤基础肥力数据与不同时相冬小麦光谱反射率相关分析

选取小麦拔节期、灌浆始期及乳熟期 PHI 图像光谱特征值与农田基础肥力数据进行统计回归分析, 分析结果如表 2 所示。从表 2 中可以看出, 拔节期、乳熟期土壤基础含氮量与作物光谱特征值都有比较明显的负相关性; 这是由于作物对土壤中氮素的吸收不但与土壤基础含氮量有关, 而且还取决于作物在土壤中的生长条件<sup>[11]</sup>, 同一块农田中, 土壤肥力、土壤质地、有机质等条件往往存在很大的差异, 因此, 作物的生长不仅仅取决于土壤中氮素含量, 而且取决于作物对土壤氮素的吸收能力, 这与土壤类型、土壤结构, 土壤有机质含量、气候条件等多种因素有关。常年进行农业耕作的土地, 由于长期施用大量化肥, 在这些综合因素的共同影响下, 土壤中的残留氮素含量分布不均匀, 氮转化能力高的土壤中, 氮素大多被作物吸收, 残留氮素少; 氮转化能力差的土壤中, 作物吸收的氮素少, 土壤中残留氮素含量高。因此形成土壤基础氮素含量高的地区, 作物长势反而差的

状况。

2002 年 4 月 25 日, 对试验区进行了变量施肥试验, 5 月 18 号获取的研究区影像正好能够反映出该次施肥对冬小麦长势的影响。如表 2 所示, 灌浆始期冬小麦光谱特征值与变量施肥量基本都呈明显的正相关关系, 土壤总氮量与冬小麦光谱特征参量也都显示出正相

关系; 受变量施肥量的影响, 土壤基础含氮量与光谱特征参量之间的相关系数与拔节期相比也发生了明显的变化, 除了与部分特征参量依然呈现负相关外, 也有部分光谱特征参量与土壤基础含氮量出现了较高的正相关关系。

表 1 光谱特征值定义

Table 1 Definition of spectrum parameters

光谱特征值	波段	波长/nm	定 义
$d\lambda_{red}$	70~ 97	678.5~ 779.8	红边振幅, 波长为红边时的一阶微分值, 作物长势越好, 该值越大
$IN\ FL\ EX$	66~ 104	663.3~ 805.7	红边转折点附近波长均值; 能够指示作物的光和作用的强弱
$Greenness$	23~ 53	496.9~ 613.3	绿峰附近反射率均值; 植被色素在红光和蓝光处强烈吸收从而在绿光处形成的反射峰, 与作物的长势正相关
$Green/R\ ed$	24~ 49 50~ 75	500.6~ 597.9 601.7~ 697.5	$b(24 - 49)/b(50 - 75)$ 绿峰反射率均值与红谷反射率均值的比值; 能够反映作物的长势
$N\ IR\ ness$	90~ 112	753.8~ 835.1	近红外反射平台反射率均值; 与作物长势明显正相关
$DVI$	71, 89	682.4, 750.1	$DVI = R_{NIR} - R_{Red}$
$RDVI$	71, 77, 89	682, 705, 750	$RDVI = \sqrt{NDVI \cdot DVI}$
$PC1$	1~ 112	405~ 835	对全波段进行主成分分析, 第一主成分可以表述光谱数据中的主要信息
$MNF1$	1~ 112	405~ 835	对全波段进行MNF(M inimum Noise Fraction)变换,MNF1 可以表述光谱数据信噪比最高的成分

表 2 不同时相光谱特征值与土壤基础含氮量、变量施肥量及土壤总氮量相关系数

Table 2 Correlation coefficient between different stage spectrum parameters and soil basic nitrogen content, quantity of variable fertilization, soil total nitrogen content

光谱特征值	拔节期土壤基础含氮量	灌浆始期土壤基础含氮量	灌浆始期变量施肥量	灌浆始期土壤总氮量	乳熟期土壤基础含氮量	乳熟期变量施肥量	乳熟期土壤总氮量
$d\lambda_{red}$	- 0.719**	- 0.370**	- 0.052	0.033	- 0.445**	- 0.002	- 0.103
$PC1$	- 0.409**	0.422**	0.272**	0.359**	- 0.643**	0.229*	0.075
$MNF1$	- 0.351**	- 0.135	0.494**	0.447**	- 0.619**	0.068	- 0.075
$Greenness$	- 0.280**	0.548**	0.130	0.250*	- 0.335**	0.279**	0.193
$HM$	- 0.437**	0.334**	0.337**	0.402**	- 0.690**	0.200*	0.036
$IN\ FL\ EX$	- 0.299**	0.521**	0.169	0.282**	- 0.611**	0.191	0.045
$GREEN/R\ ED$	- 0.239*	- 0.545**	0.297**	0.163	- 0.359**	0.373**	0.279**
$DVI$	- 0.341**	- 0.545**	0.320**	0.185	- 0.705**	0.190	0.023
$RDVI$	- 0.282**	- 0.614**	0.214*	0.067	- 0.657**	0.155	- 0.001
11/72	- 0.257**	- 0.446**	0.419**	0.303**	- 0.359**	0.379**	0.284**
$N\ IR\ ness$	- 0.435**	- 0.0978	0.483**	0.445**	- 0.739**	0.193	0.018

注: \* 0.05 显著性水平; \*\* 0.01 显著性水平; 样本数  $n = 100$ 。

### 2.2.2 变量施肥对作物长势影响初步评价

对于同一空间位置的作物而言, 通过成像光谱遥感技术所获得的时间序列图像, 包含了作物一定的生长发育长势信息, 而作物长势的差异反映了农田基础地力和追肥量尤其是氮肥用量的不同; 本文通过变量施肥前后作物光谱信息的变化, 建立了冬小麦拔节期与灌浆初期光谱特征值的变化量与变量施肥量之间的联系, 对变量施肥的效果进行了初步的评价。

以每一变量施肥处方单元为研究对象, 获取拔节期及灌浆始期光谱信息的变化量, 与变量施肥量以及土壤基础含氮量进行统计相关分析。其中不同时相作物光谱信息的变化量有两个定义, 第一, 绝对变化量, 通过拔节

期与灌浆始期作物光谱特征值的差值来获取; 第二, 相对变化量, 通过上述差值与拔节期光谱特征值的比值来获取, 分析结果如表 3 所示。

通过与变量施肥试验对照区进行最终对比分析后发现, 2002 年采用变量施肥后, 变量施肥区的产量仍然略低于对照区的产量, 两者之间的变异幅度相差不大, 也就是说, 变量施肥没有显示出增产效果, 反而使产量的空间变异增大了。究其原因, 目标产量制定的不合理可能是产生该结果的主要原因, 由于只有前一年的产量图数据, 所以目标产量的制定采用前一年的产量的 1.4 倍, 这实际上默认了两年的产量限制因子是相同的, 而实际生产中限制因子相同的可能性很小<sup>[5]</sup>。

表 3 光谱特征值绝对变化量、相对变化量与土壤含氮量、变量施肥量及土壤总氮量相关系数

Table 3 Correlation coefficient between absolute quantity-change, relative quantity-change of spectrum parameters and soil basic nitrogen content, quantity of variable fertilization, soil total nitrogen content

光谱特征值	绝对变化量			相对变化量		
	变量施肥量	土壤总氮量	土壤基础含氮量	变量施肥量	土壤总氮量	土壤基础含氮量
C1	- 0.111	0.060	0.562**	0.253*	0.268**	0.105
$\Delta MNFI$	0.158	0.250*	0.318**	- 0.201	- 0.199*	- 0.020
$\Delta Greenness$	0.013	0.209*	0.623**	- 0.013	0.125	0.604**
$\Delta HM$	- 0.112	0.088	0.601**	0.052	- 0.087	- 0.603**
$\Delta INFLX$	- 0.103	0.098	0.595**	0.073	- 0.066	0.602**
$\Delta GREEN/RED$	- 0.079	- 0.074	0.059	0.032	0.034	0.011
$\Delta DVI$	- 0.145	- 0.117	0.029	0.010	0.053	0.191
$\Delta RDVI$	- 0.057	- 0.161	- 0.364**	- 0.004	0.105	0.480**
$\Delta 11/72$	- 0.035	0.005	0.003	- 0.156	- 0.114	0.158
$\Delta NRIness$	- 0.130	0.0245	0.479**	0.020	- 0.086	- 0.462**

注: \* 0.05 显著性水平; \*\* 0.01 显著性水平; 样本数  $n = 100$ 。

对于拔节期、灌浆初期、乳熟期三期光谱数据的分析显示: 变量施肥区冬小麦长势在拔节期明显受土壤基础含氮量的影响; 2002 年 5 月 18 号(灌浆始期)获取的影像则显示出变量施肥对冬小麦长势的影响, 灌浆始期冬小麦光谱特征值与变量施肥量基本都呈明显的正相关关系, 土壤总氮量与冬小麦光谱特征参量也都显示出正相关关系; 受变量施肥量的影响, 土壤基础含氮量与光谱特征参量之间的相关系数与拔节期相比也发生了明显的变化, 除了与部分特征参量依然呈现负相关外, 也有部分光谱特征参量与土壤基础含氮量出现了较高的正相关关系; 到了乳熟期, 虽然变量施肥量依然与作物长势呈现正相关关系, 但土壤基础含氮量对作物长势的影响明显强于变量施肥量对作物长势的影响。对变量区光谱特征值的变化量的研究表明, 对于拔节期与灌浆初期光谱特征值的变化量, 土壤基础含氮量依然是较明显的影响因子, 但是, 从表 3 中可以看出, 通过变量施肥, 土壤基础含氮量在拔节期对大部分光谱特征参量的负相关性在灌浆初期变成了正相关性, 从而说明, 变量施肥降低了土壤基础含氮量对作物长势的影响。

### 3 结论

高光谱遥感技术对于研究土壤基础氮素水平及变量施肥对作物长势影响具有重要的意义, 通过高光谱航空遥感技术可以监测农田内小区作物生长环境条件的时空差异, 进而对农作物栽培管理实施精确定位, 按需变量投入提供技术支持。

本项研究结果表明:

1) 土壤基础含氮量是影响冬小麦长势的重要因素, 它的影响贯穿冬小麦的整个生育期。拔节期和乳熟期由于受施肥影响较小, 土壤基础含氮量与作物光谱特征参量都有比较明显的负相关性; 灌浆始期受变量施肥的影响, 土壤基础含氮量除了与部分特征参量呈现负相关外, 与大部分光谱特征参量呈现出较高的正相关关系。

2) 变量施肥能够在一定程度上改善研究区冬小麦

长势状况, 降低土壤基础含氮量对作物长势的影响, 调节研究区作物长势的空间变异性。

### 4 问题与讨论

作物的光谱特征主要由其化学和形态学特征决定, 而这些特征与作物的生育阶段、健康状况等密切相关, 不同的氮素胁迫可造成作物叶绿素含量、叶面积指数等生物物理参数的差异, 即作物长势的差异, 这种差异将最终导致作物冠层光谱反射率的差异<sup>[6]</sup>。而前人基于田间试验及地物光谱仪或室内光谱分析的大量研究显示: 氮肥水平对作物叶片及冠层反射光谱特征有较大的影响<sup>[7]</sup>, 氮素营养对可见光至近红外较大范围的作物光谱反射率都有明显的影响。王珂等的研究表明, 随着氮素营养水平的提高, 叶片及冠层可见光波段的反射率下降, 而近红外波段则增加<sup>[8]</sup>; 王秀珍等的研究表明, 红边、红边振幅、红边振幅与最小振幅的比值与水稻累计施氮量都有极显著相关关系<sup>[9]</sup>; 程一松等的研究表明, 冬小麦可见光波段反射峰即“绿峰”与作物的施氮量呈正相关, 红端位移与作物施氮量相关关系是抛物线型二次曲线<sup>[11]</sup>。土壤基础供氮量的不同及变量施肥所造成的作物长势空间变异也同样能够在航空成像光谱数据中体现出来; 利用航空成像光谱数据能够获取田间作物精确的几何特征和光谱特征, 反映作物在空间上连续变化的信息; 此外, 对于同一空间位置的作物而言, 通过成像光谱遥感技术所获得的时间序列图像, 包含了作物一定的生长发育长势信息, 而作物长势的差异反映了农田基础地力和追肥量尤其是氮肥用量的不同, 因而, 能够通过所获取的信息来进行相关的研究。

但是, 同一块农田中, 土壤性质、土壤肥力、有机质含量等条件往往存在很大的差异, 这些条件的不同都会在一定程度上引起作物长势的差异; 本文仅考虑了土壤基础肥力对作物长势的影响, 势必存在一定的片面性; 另外, 多时相航空成像光谱数据由于受到获取时的大气条件以及其后的辐射、几何纠正的影响, 其数据的稳定程度要比地物光谱仪差, 这对光谱特征值的选取造成一

定影响;再次,随着变量施肥实践的深入,数据积累的不断丰富,可以为目标产量的制定提供更为广泛的基础,使得变量施肥试验更为可靠。因此,还需要进行更加详实的研究工作

#### [参 考 文 献]

- [1] 杨敏华,刘良云,刘团结 小麦冠层理化参量的高光谱遥感反演试验研究[J]. 测绘学报, 31(4), 2002(12): 316- 321.
- [2] 王长耀,牛 铮,唐华俊 对地观测技术与精细农业[C]. 北京: 科学出版社, 2001. 1, 19- 27.
- [3] 杨敏华 面向精准农业的高光谱遥感作物信息获取[D]. 中国农业大学, 2002. 6
- [4] 刘良云 高光谱遥感在精准农业中的应用研究[D]. 中科院遥感所博士后研究报告, 2002. 12
- [5] 陈立平 精准农业变量施肥理论与试验研究[D]. 中国农业大学, 2003. 6
- [6] 赵春江,黄文江,王纪华 不同品种、肥水条件下冬小麦光谱红边参数研究[J]. 中国农业科学, 2002, 35(8): 980- 987.
- [7] 周启发,王人潮 水稻氮素营养水平与光谱特征的关系[J]. 浙江农业大学学报, 1993, 19(增刊): 40- 46
- [8] 王 珂,沈掌泉,王人潮 植物营养胁迫与光谱特性[J]. 国土资源遥感, 1999. 1: 9- 14
- [9] 王秀珍,王人潮,李云梅 不同氮素营养水平的水稻冠层光谱红边参数及其应用研究[J]. 浙江大学学报, 2001, 27(3).
- [10] 程一松,胡春胜,郝二波 氮素胁迫下的冬小麦高光谱特征提取与分析[J]. 资源科学, 25(1), 2003, 1, 86- 93
- [11] Philip J, Bauer E, Jhon Sodler, et al Corn stubble winter wheat biomass and nitrogen accumulation study [J]. Soil and Water Conservation, 1998, 3
- [12] Thomas A Doerge Variable-rate nitrogen management creates opportunities and challenges for corn producers [J]. 2002 Plant Management Network, 2002, 9

## Assessment of the influence of soil nitrogen supplies and variable fertilization on winter wheat growth condition using a airborne hyperspectral image

Song Xiaoyu, Wang Jihua, Xue Xuzhang, Liu Liangyun, Cheng Liping, Zhao Chunjiang

(National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100089, China)

**Abstract:** Pushbroom Hyperspectral Imager (PHI) is a hyperspectral imaging sensor with 80 wavebands from 411.9 nm to 832.8 nm which was developed by Shanghai Institute of Technical Physics of Chinese Academy of Sciences. From April to May in 2002, three airborne images were acquired at different winter wheat growth stages in Beijing precision agriculture demonstration base. The flight height was 1000m and the spatial resolution of image reaches 1 m when the hyperspectral images were rectified and spectrally calibrated. In this paper, some spectrum characteristic parameters which are sensitive to winter wheat growth condition were obtained from images, combined with data of soil basic nitrogen content, soil total nitrogen supplies, nitrogen of variable fertilization, analysis between spectrum characteristic parameters and soil data show that soil basic nitrogen is a pivotal factor to wheat growth. And its influence lasts during the whole winter wheat growth stage. Furthermore, analysis based on the change of wheat spectrum information between two growth stages of winter wheat shows that variable fertilization can improve the growth of wheat. It can also eliminate some growth differences caused by spatial difference of soil basic nitrogen.

**Key words:** PHI (Pushbroom Hyperspectral Imager); airborne-remote sensing; soil basic nitrogen; variable fertilization; soil total nitrogen