

# 不同生育期冬小麦植株氮含量遥感反演方法比较

杨福芹<sup>1</sup>, 李蕊<sup>2</sup>, 冯海宽<sup>3\*</sup>, 李天驰<sup>1</sup>, 王果<sup>1</sup>

(1. 河南工程学院土木工程学院, 郑州 451191; 2. 河南理工大学测绘与国土信息工程学院, 河南 焦作 454000; 3. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097)

**摘要:**及时、有效地预测作物氮含量, 能够为作物氮素养分的监测和诊断提供合理的信息支持。本研究通过采集冬小麦开花期和灌浆期的光谱信息和相应的植株氮含量, 对原始光谱及其变换形式与植株氮含量进行相关性分析, 筛选不同光谱反射条件下的敏感波段, 采用多元线性回归、逐步回归和偏最小二乘法分别建立植株氮含量遥感估算模型。结果表明: (1) 开花期所筛选的最佳敏感波段为  $FR_{689}$ 、 $FLR_{753}$ 、 $FR_{768}$ 、 $F/R_{749}$ 、 $FLR_{495}$ ; 灌浆期所筛选的最佳敏感波段为  $1/R_{955}$ 、 $LR_{955}$ 、 $L/RR_{955}$ 、 $F/R_{490}$ 、 $R_{955}$ ; (2) 开花期采用 PLS 建立的模型效果最好, 建模和验证的  $R^2$  和 RMSE 分别为 0.72、0.12 和 0.62、0.16; (3) 灌浆期采用 PLS 建立的模型效果最好, 建模和验证的  $R^2$ 、RMSE 分别为 0.70、0.11 和 0.32、0.18。研究发现开花期所构建的植株氮含量遥感估算模型有较高的精度和可靠性, 可为更好地检测冬小麦氮素利用效率和精准施肥提供理论依据。

**关键词:** 冬小麦; 植株氮含量; 多元线性回归; 逐步回归; 偏最小二乘回归

中图分类号: S129

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2023)03-0118-07

## Comparison of Hyperspectral Remote Sensing Inversion Methods for Plant Nitrogen Content in different growth stages

YANG Fuqin<sup>1</sup>, LI Rui<sup>2</sup>, FENG Haikuan<sup>3\*</sup>, LI Tianchi<sup>1</sup>, WANG Guo<sup>1</sup>

(1. College of Civil Engineering, Henan Institute of Engineering, Zhengzhou 451191; 2. School of Surveying and Land Information Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000; 3. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China)

**Abstract:** The timely and effective prediction of crop nitrogen content can provide reasonable information support for monitoring and diagnosis of crop nitrogen nutrients. By collecting spectral information of flowering and filling stages of winter wheat and corresponding plant nitrogen content, the correlation between the original spectrum, reciprocal spectrum, logarithmic spectrum, differential spectrum, reciprocal logarithmic spectrum, logarithmic differential spectrum, reciprocal differential spectrum and plant nitrogen content was analyzed. Sensitive bands under different spectral reflectance conditions were screened. Multivariate linear regression was used. Stepwise regression and partial least squares (PLS) were used to establish remote sensing estimation models of plant nitrogen content. The results showed that: (1) The optimum sensitive bands at flowering stage were  $FR_{689}$ ,  $FLR_{753}$ ,  $FR_{768}$ ,  $F/R_{749}$  and  $FLR_{495}$ , while the optimum sensitive bands at filling stage were  $1/R_{955}$ ,  $LR_{955}$ ,  $L/RR_{955}$ ,  $F/R_{490}$  and  $R_{955}$ . (2) The most effective model was the PLS for flowering stage, and  $R^2$  and RMSE for modeling and validation were 0.72, 0.12 and 0.62, 0.16, respectively. (3) P was used at filling stage. The model established by LS has the best effect.  $R^2$  and RMSE of modeling and validation are 0.70, 0.11, 0.32 and 0.18, respectively. The study found that the remote sensing estimation model of plant nitrogen content at flowering stage had high accuracy and reliability, which provided theoretical basis for better detection of nitrogen use efficiency and precise fertilization of winter wheat.

**Key words:** Winter wheat; Plant nitrogen content; Multiple linear regression; Stepwise regression; Partial least squares regression

收稿日期: 2020-02-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(41601346); 河南工程学院教育教学改革研究项目(2021JYYB038); 河南省科技攻关计划项目(202102310333、182102310021)

作者简介: 杨福芹(1979-), 女, 讲师, 博士, 主要从事农业定量遥感研究。

通讯作者: 冯海宽, 男, 博士, 副研究员, E-mail: fenghaikuan123@163.com

氮是作物生长不可或缺的营养物质之一,氮的亏缺或富余均会严重影响作物的产量和经济效益,及时、准确和无损的作物氮素水平监测对作物的增产、合理施肥以及减少环境污染等具有重要意义<sup>[1]</sup>。Nguyen等<sup>[2]</sup>评价高光谱技术探测水稻长势和氮营养水平的潜力,结果指出不同氮含量对小麦生长具有不同的影响。杨福芹等<sup>[3]</sup>为了既快速又准确地测出冬小麦植株氮含量,基于变量投影重要性(variable importance projection, VIP)-偏最小二乘(partial least squares, PLS)-赤池信息准则(Akaike's information criterion, AIC)整合模型构建了不同生育期植株氮含量最佳回归模型,结果表明选择小麦合适的生育期可以为估算小麦植株氮营养状况提供参考。郑一力等<sup>[4]</sup>分别采用二元线性回归、多元逐步回归、偏最小二乘回归等方法建立了4种金镶玉竹叶片的氮含量高光谱估测模型。魏鹏飞等<sup>[5]</sup>用逐步回归法研究了不同生育期夏玉米叶片氮含量遥感估算模型。李振海等<sup>[6]</sup>构建了GRA-PLS算法,估算了叶片氮含量遥感估算模型。Tarbell等<sup>[7]</sup>研究表明作物的图像特征在氮素营养诊断方面有较大的优势,杨福芹等<sup>[8]</sup>利用PROSPECT和EFAST方法筛选对苹果叶片叶绿素含量的敏感波段,结果表明所构建的估算模型监测叶绿素含量效果较好。本研究通过分析光谱反射率及其变换

形式与植株氮含量的相关性,筛选出对植株氮含量的敏感波段,分别采用多元线性回归、逐步回归和偏最小二乘三种方法建模,以期得到精确度较高、普适性较好的冬小麦植株氮含量遥感估算模型。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究区概况

试验于2014~2015年在国家精准农业示范研究基地进行。试验区位于北京市昌平区小汤山国家精准农业研究示范基地,北纬40°00'~40°21',东经116°34'~117°00',海拔高度36 m。前茬作物为玉米,试验土壤类型为潮土,土壤中0~30 cm土层中硝态氮含量3.16~14.82 mg/kg,全氮含量1.0~1.2 g/kg,有机质含量15.8~20.0 g/kg,有效磷含量3.14~21.18 mg/kg,速效钾含量86.83~120.62 mg/kg。试验设计为2个品种、4个氮素水平和3个水分水平。2个品种分别为京9843(J9843)和中麦175(ZM175);4个氮素水平分别为未施尿素(0, N<sub>1</sub>)、195 kg/hm<sup>2</sup>尿素(1/2正常, N<sub>2</sub>)、390 kg/hm<sup>2</sup>尿素(正常, N<sub>3</sub>)、585 kg/hm<sup>2</sup>尿素(3/2正常, N<sub>4</sub>);3个水分水平分别为雨养(W1)、正常水(W2)、2倍正常水(W3)。试验田东西向长度84 m,南北向长度32 m,共48个小区,每个小区面积48 m<sup>2</sup>,16个小区为一组,3次重复,如图1所示。

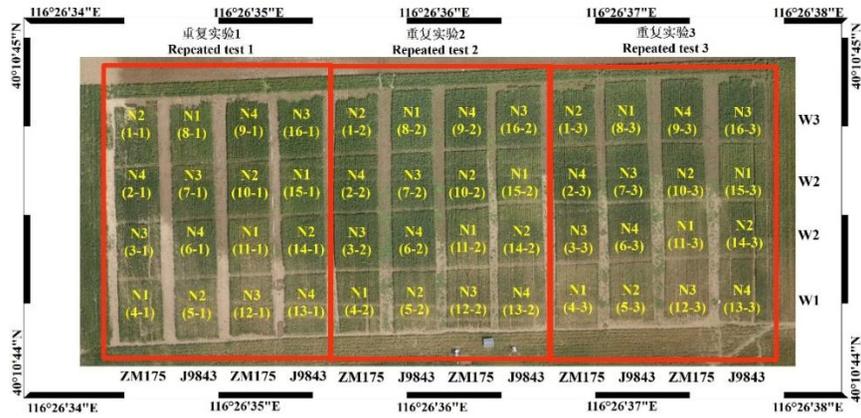


图1 试验设计

### 1.2 冠层光谱测定

试验分别在冬小麦开花期(2015年5月14日)和灌浆期(2015年5月25日)进行。冬小麦冠层光谱测定采用美国ASD Fieldspec FR2500型野外光谱辐射仪,采集时间在10:00~14:00,天空晴朗无云。光谱采集范围为350~2500 nm,其中350~1000 nm范围内分辨率为1.4 nm,1000~2500 nm为2 nm。测定时探头垂直于冠层上方,离地面1.3 m左右,每个小区测定20条光谱曲线,数据处理时取这

20条光谱曲线的平均值作为该小区样点的光谱反射值,光谱测量前后均用白板标定。

### 1.3 植株氮含量的测定

在冠层光谱测定的同时,在光谱测定区域破坏性选取具有代表性的20株小麦,迅速放回试验袋。在实验室将小麦器官分离分别放入纸袋,置于烘箱105℃杀青30 min,80℃烘干至恒重(约24~48 h)。用凯氏定氮仪测定小麦叶、茎、穗等器官的全氮含量。表1为开花期、灌浆期植株氮含

表1 开花期、灌浆期植株氮含量描述性统计分析

	处理水平	样本数	平均值	标准偏差	标准错误	置信区间95%	最小值	最大值
开花期	N <sub>1</sub>	12	1.66	0.24	0.07	1.50~1.81	1.19	1.91
	N <sub>2</sub>	12	1.76	0.20	0.06	1.63~1.89	1.35	2.08
	N <sub>3</sub>	12	1.68	0.28	0.08	1.50~1.86	1.13	2.02
	N <sub>4</sub>	12	1.75	0.25	0.07	1.59~1.91	1.23	2.03
	总计	48	1.71	0.24	0.04	1.64~1.78	1.13	2.08
灌浆期	N <sub>1</sub>	12	1.28	0.21	0.06	1.15~1.42	0.99	1.62
	N <sub>2</sub>	12	1.38	0.17	0.05	1.27~1.49	1.00	1.55
	N <sub>3</sub>	12	1.34	0.25	0.07	1.18~1.50	0.89	1.78
	N <sub>4</sub>	12	1.36	0.19	0.05	1.24~1.48	1.13	1.70
	总计	48	1.34	0.20	0.03	1.28~1.40	0.89	1.78

量描述性统计分析。

### 1.4 数据分析

在本次研究过程中,采用多元线性回归分析(Multivariate linear regression analysis, MLR)<sup>[9]</sup>、逐步回归分析(stepwise regression analysis, SRA)<sup>[10-11]</sup>和偏最小二乘法(Partial Least Squares Method, PLS)<sup>[12-13]</sup>构建植株氮含量遥感估算模型,并用决定系数(coefficient of determination, R<sup>2</sup>)和均方根误差(root mean squared error, RMSE)作为评价模型与验证模型的精度,计算公式如下:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{y})^2} \dots\dots\dots (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n}} \dots\dots\dots (2)$$

式中 x<sub>i</sub> 为实测氮含量, y<sub>i</sub> 为预测氮含量,  $\bar{y}$  为氮含量均值, n 为样本总数。

## 2 结果与分析

### 2.1 原始光谱及变换形式敏感波段的筛选

从图2可以看出,原始光谱与植株氮含量相

关性分析中,开花期负相关最大的波段是709 nm,相关系数为-0.65,正相关最大的波段是888 nm,相关系数为0.55;灌浆期负相关最大的波段是517 nm,相关系数为-0.54,正相关最大的波段是955 nm,相关系数为0.66。从图3可以看出,倒数光谱和植株氮含量相关性分析中,开花期正相关最大的波段是702 nm,相关系数为0.63,负相关最大的波段是919 nm,相关系数为-0.59;灌浆期正相关最大的波段是597 nm,相关系数为0.53,负相关最大的波段是955 nm,相关系数为-0.66。从图4可以看出,对数光谱和植株氮含量相关性分析中,开花期负相关最大的波段是705 nm,相关系数为-0.64,正相关最大的波段是888 nm,相关系数为0.57;灌浆期负相关最大的波段是597 nm,相关系数为-0.54,正相关最大的波段是955 nm,相关系数为0.67。从图5可以看出,微分光谱和植株氮含量相关性分析中,开花期正相关最大的波段是768 nm,相关系数为0.72,负相关最大的波段是689 nm,相关系数为-0.64;灌浆期正相关最大的波段是760 nm,相关系数为0.65,负相关最大的波段是457 nm,相关系数为-0.62。从图6可以看出,倒数的对数光谱和植株氮含量相关性分析中,开花期正相关最大的波段是705 nm,相关系

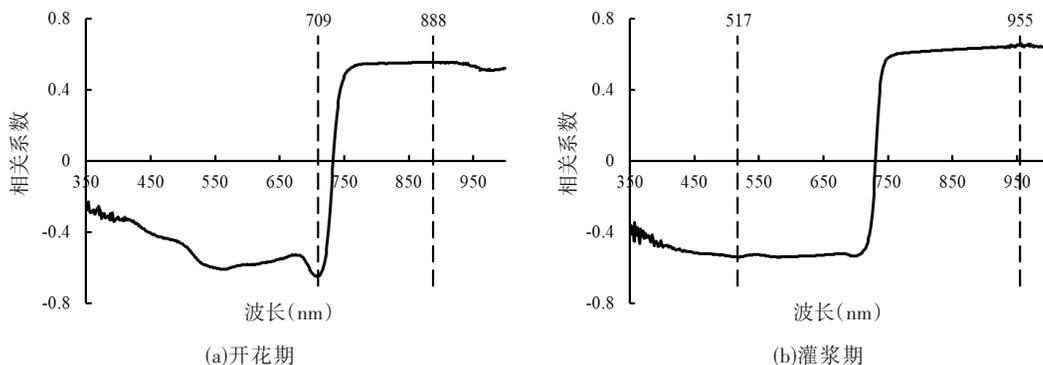


图2 原始光谱与植株氮含量的相关性

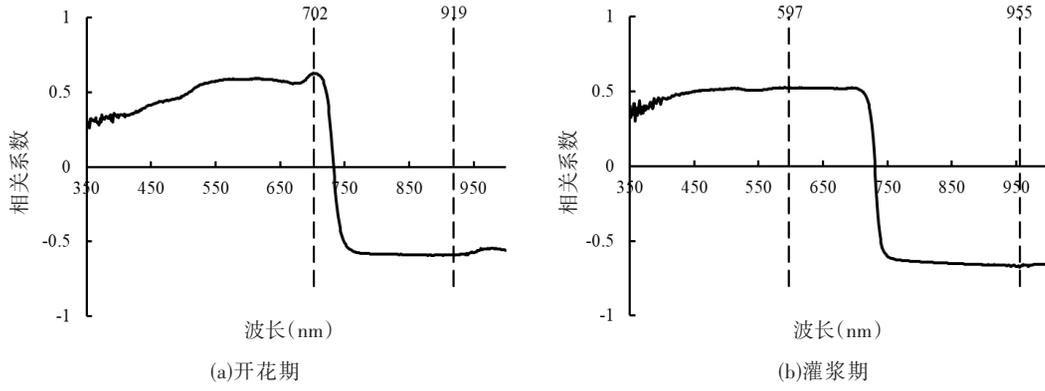


图3 倒数光谱与植株氮含量的相关性

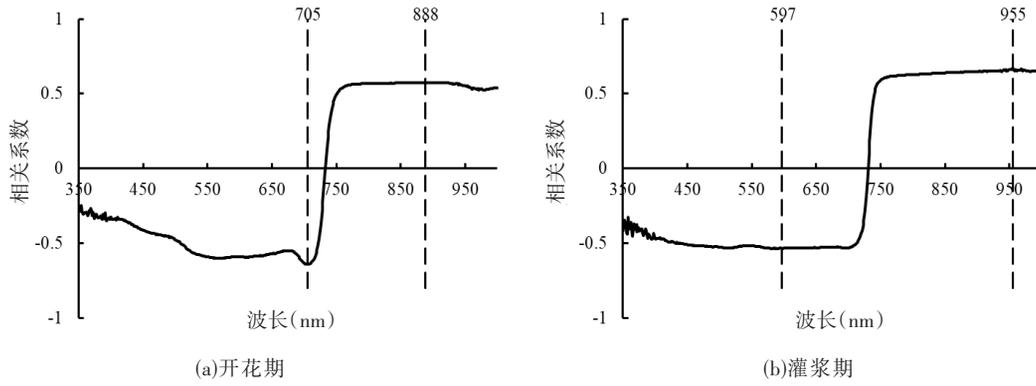


图4 对数光谱与植株氮含量的相关性

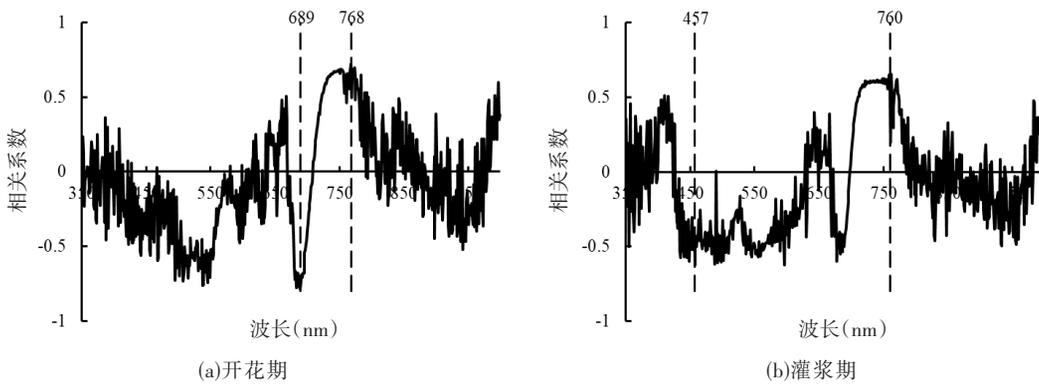


图5 微分光谱与植株氮含量的相关性

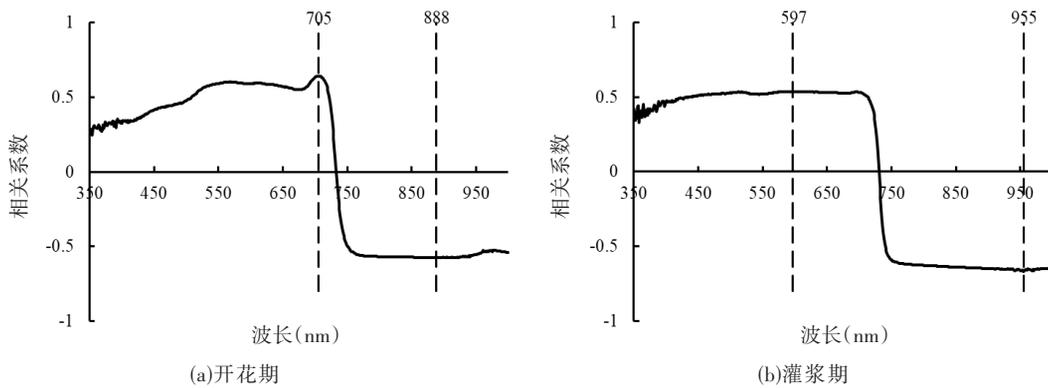


图6 倒数的对数光谱与植株氮含量的相关性

数为0.64;负相关最大的波段是888 nm,相关系数为-0.57;灌浆期正相关最大的波段是597 nm,相

关系数为0.54,负相关最大的波段是955 nm,相关系数为-0.67。从图7可以看出,对数的微分光谱

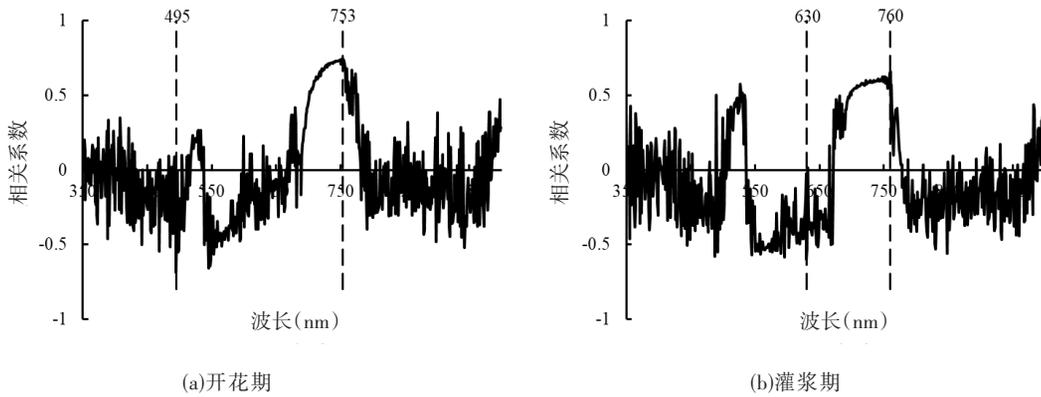


图7 对数的微分光谱与植株氮含量的相关性

和植株氮含量相关性分析中,开花期正相关最大的波段是753 nm,相关系数为0.77,负相关最大的波段是495 nm,相关系数为-0.69;灌浆期正相关最大的波段是760 nm,相关系数为0.66,负相关最大的波段是630 nm,相关系数为-0.60。从图8可以看出,倒数的微分光谱和植株氮含量相关性分

析中,开花期正相关最大的波段是566 nm,相关系数为0.58,负相关最大的波段是749 nm,相关系数为-0.71;灌浆期正相关最大的波段是848 nm,相关系数为0.62,负相关最大的波段是490 nm,相关系数为-0.67。

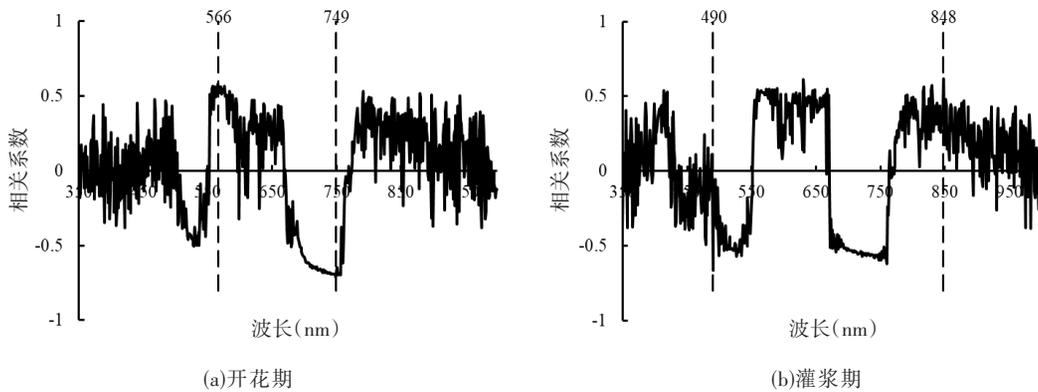


图8 倒数的微分光谱与植株氮含量的相关性

2.2 植株氮含量模型的估算与验证

2.2.1 植株氮含量模型的估算

以原始光谱及变换光谱与植株氮含量的相关性分析筛选的敏感波段(开花期敏感波段为FR<sub>689</sub>、FLR<sub>753</sub>、FR<sub>768</sub>、F/R<sub>749</sub>、FLR<sub>495</sub>,灌浆期敏感波段为1/R<sub>955</sub>、LR<sub>955</sub>、L/R<sub>955</sub>、F/R<sub>490</sub>、R<sub>955</sub>)为自变量,分别采用多元线性回归、逐步回归和偏最小二乘法建立不同生育期植株氮含量遥感估算模型,见表2。

从表2可以看出,开花期多元线性回归建立的模型R<sup>2</sup>为0.72, RMSE为0.12;逐步回归建立的

模型R<sup>2</sup>为0.70, RMSE为0.12;偏最小二乘法建立的模型R<sup>2</sup>为0.72, RMSE为0.12。其中以PLS所构建的模型的精度最高,预测值与实测值具有较高的一致性。灌浆期多元线性回归建立的模型R<sup>2</sup>为0.68, RMSE为2.40,逐步回归建立的模型R<sup>2</sup>为0.68, RMSE为0.11;偏最小二乘法建立的模型R<sup>2</sup>为0.70, RMSE为0.11。其中以PLS所构建的模型的精度最高,预测值与实测值具有较高的一致性。

表2 冬小麦植株氮含量的估算

生育期	方法	模型(n=32)	R <sup>2</sup>	RMSE
开花期	多元线性	$Y = -126.008 \times FR_{689} - 1.720 \times FLR_{753} + 257.419 \times FR_{768} - 8.304 \times F/R_{749} - 127.275 \times FLR_{495} + 1.389$	0.72	0.12
	逐步回归	$Y = 138.867 \times FLR_{753} - 138.631 \times FLR_{495} + 1.375$	0.70	0.12
	偏最小二乘	$Y = -126.008 \times FR_{689} - 1.720 \times FLR_{753} + 257.419 \times FR_{768} - 8.304 \times F/R_{749} - 127.275 \times FLR_{495} + 1.389$	0.72	0.12
灌浆期	多元线性	$Y = -2.385 \times 1/R_{955} - 7.11 \times F/R_{490} - 21.027 \times R_{955} + 15.363$	0.68	2.40
	逐步回归	$Y = -4.572 \times 1/R_{955} - 0.717 \times F/R_{490} + 31.345 \times L/R_{955} - 0.044$	0.68	0.11
	偏最小二乘	$Y = -29.637 \times 1/R_{955} - 198.096 \times LR_{955} + 198.096 \times L/R_{955} - 0.746 \times F/R_{490} + 248.668 \times R_{955} - 181.843$	0.70	0.11

### 2.2.2 植株氮含量模型的验证

为了验证冬小麦植株氮含量最佳估算模型的可靠性和精度,开花期和灌浆期验证结果如表3和图9所示。

由表3和图9可知,开花期采用偏最小二乘法验证的 $R^2$ 、RMSE分别为0.62、0.16,灌浆期采用偏最小二乘法验证的 $R^2$ 、RMSE分别为0.32、0.18。开花期建模与验证的可靠性和精度较高,灌浆期虽有

表3 不同生育期最佳模型的验证

生育期	$R^2$	RMSE
开花期	0.62	0.16
灌浆期	0.32	0.18

较高的建模精度,但验证精度比较差,综合以上研究表明开花期采用偏最小二乘法构建的植株氮含量模型具有较高的精度和可靠性。

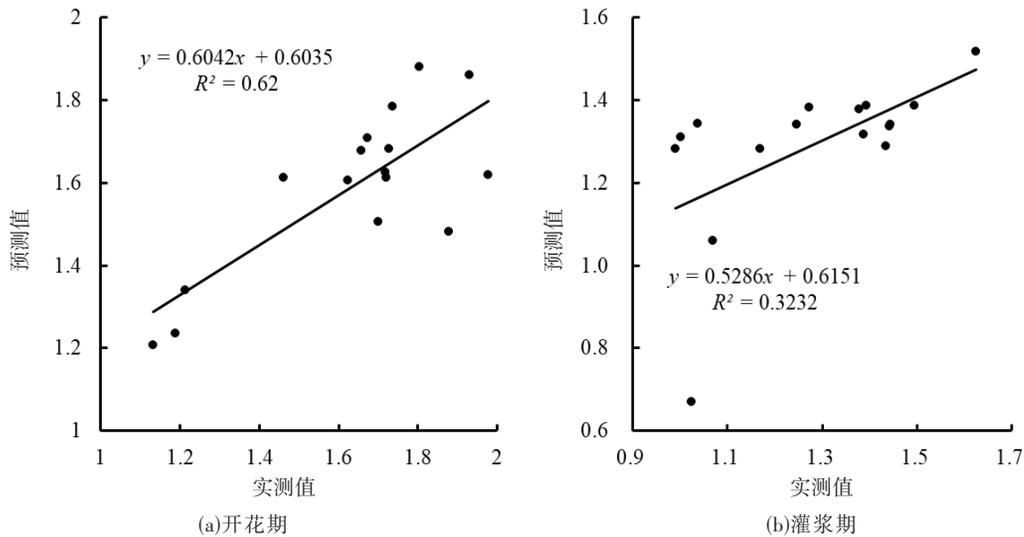


图9 不同生育期植株氮含量模型验证散点图

## 3 讨论

目前,利用成像光谱和非成像光谱数据反演作物参数机理并不明确<sup>[14-15]</sup>,反演模型主要是利用光谱信息与植株氮含量间的统计关系,利用单或多波段、植被指数等构建植株氮含量遥感估算模型,其模型受作物自身条件和生长环境因素影响较大,不同的生育期筛选的敏感波段不同<sup>[16]</sup>,而且单一的波段进行植株氮含量遥感估算包含的信息存在不同程度的饱和,造成不同生育期遥感估算植株氮含量非常困难。许多研究人员认为多种数据的估算模型是解决饱和性的一种方法<sup>[17-18]</sup>。本研究首先分析了开花期和灌浆期光谱数据及其变换形式与植株氮含量的相关性,分别获得了开花期和灌浆期光谱的敏感波段,然后分别采用多元线性回归、逐步回归和偏最小二乘法建立了冬小麦植株氮含量高光谱估算模型。研究发现开花期采用偏最小二乘法构建的植株氮含量模型具有较高的精度,这一结论与前人研究一致<sup>[6]</sup>。主要是因为筛选敏感波段中,选取的是与植株氮含量较敏感的前5个敏感波段,这些敏感波段与植株氮含量相关性都很好,多波段的累加不仅解决

了植株氮含量的饱和性,而且提高了植株氮含量的估算精度。同时偏最小二乘法很好地解决了多元线性回归、逐步回归等方法自变量之间的多重相关性问题。

冬小麦的开花期和灌浆期是增产增收的关键时期,也是决定麦粒大小及产量多少的关键时期。这一时期如果氮肥不足,则容易引起小麦植株早衰、灌浆期缩短、早熟及粒重减少等;如果氮肥施用过量,则容易使小麦生长过旺、茎秆徒长、生长后期植株容易倒伏、贪青晚熟、抗逆性差及病虫害发生严重。因此,本研究选取开花期和灌浆期研究植株氮素营养状况,以期能为增产增收、合理施肥提供理论依据。

## 4 结论

通过分析开花期及灌浆期原始光谱及其变换形式与植株氮含量的相关性,进而筛选对植株氮含量的敏感波段,并采用多元线性回归、逐步回归和偏最小二乘法建立植株氮含量估算模型,研究得出如下结论:

(1)筛选的开花期敏感波段为 $FR_{689}$ 、 $FLR_{753}$ 、 $FR_{768}$ 、 $F/R_{749}$ 、 $FLR_{495}$ ,灌浆期的敏感波段为 $1/R_{955}$ 、

$LRR_{955}$ 、 $L/RR_{955d}$ 、 $F/R_{490}$ 、 $R_{955}$ 。

(2)采用多元线性回归、逐步回归和偏最小二乘法构建的冬小麦开花期和灌浆期植株氮含量估算模型中,发现开花期和灌浆期都是采用偏最小二乘法建立的植株氮含量模型效果最好,其建模的 $R^2$ 、RMSE分别为0.72、0.12和0.70、0.11,开花期验证的 $R^2$ 、RMSE为0.62、0.16。但灌浆期的验证效果却很差,模型的 $R^2$ 、RMSE仅为0.32、0.18。结果表明开花期所构建的冬小麦氮素营养诊断模型具有更高的精度和可靠性,能更好地检测冬小麦氮素的利用效率,增加冬小麦的产量,为精准施肥提供理论依据。

但是本研究还有一些不足,本研究仅用了一年的数据,而且生育期也比较少,如想大面积应用,需要增加生育期及更多的试验数据积累。为了提高模型的普适性,计划进一步考虑整合辐射传输模型,提高冬小麦植株氮含量估算的精度和普适性。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 梁雪映,樊风雷.基于遥感光谱的作物氮含量估算研究进展[J].中国农业科技导报,2019,21(1):51-61.
- [ 2 ] Nguyen H T, Lee B W. Assessment of rice leaf growth and nitrogen status by hyperspectral canopy reflectance and partial least square regression[J]. European Journal of Agronomy, 2006, 24(4): 349-356.
- [ 3 ] 杨福芹,戴华阳,冯海宽,等.基于赤池信息准则的冬小麦植株氮含量高光谱估算[J].农业工程学报,2016,32(23):161-167.
- [ 4 ] 郑一力,赵燕东,董 玮,等.竹叶片氮含量高光谱估测方法对比研究[J].农业机械学报,2018,49(S1):400-407.
- [ 5 ] 魏鹏飞,徐新刚,李中元,等.基于无人机多光谱影像的夏玉米叶片氮含量遥感估测[J].农业工程学报,2019,35(8):126-133.
- [ 6 ] 李振海,徐新刚,金秀良,等.基于氮素运转原理和GRA-PLS算法的冬小麦籽粒蛋白质含量遥感预测[J].中国农业科学,2014,47(19):3780-3790.
- [ 7 ] Tarbell K A, Reid J F. A computer vision system for characterizing corn growth and development[J]. Transactions of the ASAE, 1991, 34(5): 2245-2255.
- [ 8 ] 杨福芹,沙从术,冯海宽,等.基于EFAST方法的苹果叶片叶绿素含量估算[J].河南农业科学,2017,46(5):157-160.
- [ 9 ] 白瑞强,徐湘田,华树广,等.基于多元线性回归模型的冻土强度影响因素显著性分析[J].冰川冻土,2019,41(2):416-423.
- [ 10 ] 仇瑞承,苗艳龙,张 漫,等.基于线性回归的玉米生物量预测模型及验证[J].农业工程学报,2018,34(10):131-137.
- [ 11 ] 张卓然,常庆瑞,张廷龙,等.基于支持向量机的棉花冠层叶片叶绿素含量高光谱遥感估算[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2018,46(11):39-45.
- [ 12 ] 石海培,包贝华,黄胜良,等.川芎饮片的HPLC指纹图谱建立、聚类分析及偏最小二乘判别分析[J].中国药房,2019,30(8):1066-1071.
- [ 13 ] 张 卓,龙慧灵,王崇倡,等.冬小麦叶片光合特征高光谱遥感估算模型的比较研究[J].中国农业科学,2019,52(4):616-628.
- [ 14 ] 蒙继华.农作物长势遥感监测指标研究[D].北京:中国科学院遥感应用研究所,2006.
- [ 15 ] 朱丽丽,李井会,宋述尧.叶绿素仪和硝酸盐反射仪对大白菜氮素营养诊断的比较研究[J].东北农业科学,2019,44(5):65-68.
- [ 16 ] 张 凯,王润元,王小平,等.黄土高原春小麦叶面积指数与高光谱植被指数相关分析[J].生态学杂志,2008,27(10):1692-1697.
- [ 17 ] Jin Xiuliang, Yang Guijun, Xu Xingang, et al. Combined multi-temporal optical and radar parameters for estimating LAI and biomass in winter wheat using HJ and RADARSAR-2 Data[J]. Remote Sensing, 2015, 7(10): 13251-13272.
- [ 18 ] Gao Shuai, Niu Zheng, Huang Ni, et al. Estimating the leaf area index, height and biomass of maize using HJ-1 and RADARSAT-2[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2013, 24(1): 1-8.

(责任编辑:刘洪霞)