

王有宁,赵丽艳,章爱群,等. 花生高光谱叶片营养诊断研究[J]. 江苏农业科学,2014,42(12):129-131.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2014.12.043

花生高光谱叶片营养诊断研究

王有宁,赵丽艳,章爱群,刘 牛

(湖北工程学院特色果蔬质量安全控制湖北省重点实验室,湖北孝感 432000)

摘要:通过控制实验室叶片光谱采集环境,在相同背景下利用光谱分析技术提取花生光谱特征变量,通过统计回归分析方法建立光谱特征变量与花生生化组分含量间的关系,找出一些适于估算花生生化组分含量的敏感波段和特征参数,并评价其估算叶片生化组分含量的潜力。对花生氮磷钾含量光谱诊断的研究结果发现,一阶导数光谱对叶片生化组分含量的估算能力比原始光谱要好,叶片氮磷含量均能够得到较好的预测,无法预测叶片钾含量。

关键词:花生;叶片;营养诊断;高光谱;遥感识别;估算模型

中图分类号: S565.206 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)12-0129-03

花生是我国主要的油料作物之一,合理施肥是提高花生产量和改善花生品质的有效途径。随着光谱技术的发展,应用光谱技术在作物营养诊断和养分估测方面的研究越来越多。通过测定植物叶片光谱特征分析植物体内各种生化成分含量,是目前植物光谱营养诊断的主要方法,国内外学者利用光谱营养诊断方法对水稻、玉米、小麦、棉花等作物进行了较多的研究报道^[1-13],但对花生高光谱营养诊断鲜有报道。本研究针对花生进行叶片光谱采集及叶片氮磷钾含量测试分析,建立光谱特征参量与氮磷钾含量的估算模型,旨在寻找最佳模型估算叶片养分含量,为花生鲜叶养分组分的高光谱遥感识别提供依据,对指导有效施肥具有现实意义。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验选择在湖北省大悟县进行,该县地处鄂北地区,花生种植面积达 2 万 hm^2 ,对它进行研究具有一定的代表性。试验设氮磷钾(NPK)、缺氮(N_0PK)、缺磷(NP_0K)、缺钾(NPK_0)和对照(CK)5 个处理,重复 4 次,小区面积为 10 m^2 ,每个处理的施肥量见表 1。供试土壤类型为沙壤。供试氮肥为尿素(含 46% N),磷肥为过磷酸钙(含 12% P_2O_5),钾肥为氯化钾(含 60% K_2O),肥料用量通过纯养分量计算获得。每小区测定花生叶样氮磷钾含量和有关品质项目,在花生开花期进行野外冠层和叶片的光谱测定。

1.2 光谱测定

采用美国 ASD FieldSpec3 在花生开花期对各处理花生冠层及叶片进行光谱测定。该光谱仪波段范围在 350~2 500 nm,光谱采样间隔为 1.4 nm (350~1 000 nm)和 2 nm (1 000~2 500 nm),光谱分辨率为 3 nm (350~1 000 nm)和 10 nm (1 000~2 500 nm)。室内光谱测试环境设置如下:测量环境

表 1 试验处理及肥料用量

试验处理	肥料用量(kg/hm^2)		
	N	P_2O_5	K_2O
CK	0	0	0
NPK	75	60	90
N_0PK	0	60	90
NP_0K	75	0	90
NPK_0	75	60	0

为光源入射天顶角 30° 、入射方位角 0° ;观测天顶角 0° 、观测方位角 330° ,采用 10° 视场角,探头垂直向下,距离叶片样品表面 23 cm,叶片样品平放在黑色皮衣上,每一叶片样本采集 15 条光谱曲线,将测得的叶片反射率光谱剔除异常值后取其平均值作为该样本的反射率光谱值。每个小区单收单称,记录各处理的小区生物量,分别取植株和农产品样品,用 $\text{H}_2\text{SO}_4-\text{H}_2\text{O}_2$ 消煮蒸馏法测全氮、钒钼黄比色法测全磷和火焰光度法测钾,并对植株样品进行室内光谱测定。同时在各处理小区取混合土样各 8 kg,带回实验室,采用半微量开氏法测全氮、NaOH 熔融-钼锑抗比色法测全磷、火焰光度法测全钾含量,并对其进行光谱测定。

2 结果与分析

2.1 花生生化组分和土壤养分特征

分别对花生叶片样品的全氮、全磷、全钾含量以及土壤有机质、全氮、全磷、全钾彼此间的相关性进行研究,生成如表 2 所示的相关系数矩阵。

由表 2 可见,土壤全氮含量与土壤有机质、植株全氮含量的相关性都很高,而各指标含量与植株全氮含量的相关系数相对较低。

2.2 光谱特性分析

由于光谱的一阶、二阶和高阶导数可以消除背景噪声、分辨重叠光谱,因此常用导数光谱技术作为分析处理高光谱遥感信息的有效手段。由于实测的光谱数据是离散的,高光谱数据导数的求算一般用差分方法来近似计算。一阶导数光谱:

收稿日期:2014-02-24

基金项目:特色果蔬质量安全控制湖北省重点实验室开放项目(编号:2013k13);湖北工程学院创新团队项目。

作者简介:王有宁(1979—),男,青海互助人,硕士,讲师,从事农业资源与环境方面的研究。E-mail:wangyouning051216@126.com。

表 2 样品各生化组分间的相关系数矩阵

项目	相关系数						
	土壤有机质	土壤全氮	土壤全磷	土壤全钾	植株全氮	植株全磷	植株全钾
土壤有机质	1						
土壤全氮	0.824	1					
土壤全磷	0.652	0.584	1				
土壤全钾	0.349	0.345	0.232	1			
植株全氮	0.653	0.891	0.298	0.163	1		
植株全磷	0.578	0.479	0.692	0.217	0.546	1	
植株全钾	0.363	0.315	0.209	0.682	0.451	0.201	1

$$\rho'(\lambda_i) = \frac{[\rho(\lambda_{i+1}) - \rho(\lambda_{i-1})]}{(\lambda_{i+1} - \lambda_{i-1})}。$$
 (1)

二阶导数光谱:

$$\rho''(\lambda_i) = \frac{[\rho'(\lambda_{i+1}) - \rho'(\lambda_{i-1})]}{(\lambda_{i+1} - \lambda_{i-1})} = \frac{[\rho(\lambda_{i+1}) - 2\rho(\lambda_i) + \rho(\lambda_{i-1})]}{(\lambda_{i+1} - \lambda_{i-1})^2}。$$
 (2)

式(1)、(2)中,λ_i 是波段 i 的波长值,ρ(λ_i) 是波长 λ_i 的光谱反射率值。

图 1 是对花生叶片光谱进行一阶导数和二阶导数计算的结果,从图中可以发现,导数光谱能够比较容易确定光谱曲线的拐点、最大反射率和最小反射率处的波长位置等光谱特征参数,如“三边”参数、绿峰、红谷等。分别将花生叶片氮磷钾养分含量测定值与相应叶片的原始光谱、一阶导数光谱等光谱特征变量做相关分析,得出花生叶片氮磷钾含量与原始光谱、一阶导数光谱间的相关系数曲线(图 2、图 3、图 4)。

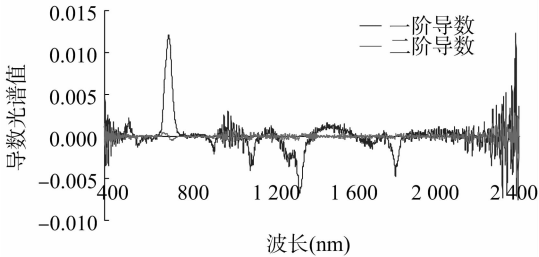


图1 花生叶片导数光谱特征

如图 2 所示,在可见光和近红外光范围内大部分波段通过 0.01 极显著性检验水平;全氮含量与原始光谱、一阶导数光谱变量间的最大正相关系数、负相关系数分别为(0.845、570 nm)、(-0.831、710 nm)。

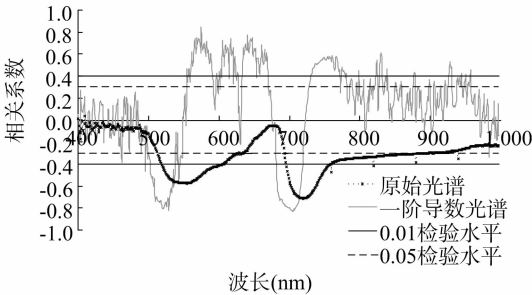


图2 花生叶片全氮含量与原始光谱、一阶导数光谱间的相关系数

如图 3 所示,有部分原始光谱值通过 0.05 显著性和 0.01 极显著性检验水平,最大相关系数为(-0.477, 720 nm);部分一阶导数光谱值通过显著性和极显著性检验

水平,最大正相关系数、负相关系数分别为(0.538,565nm)和(-0.537,710 nm)。

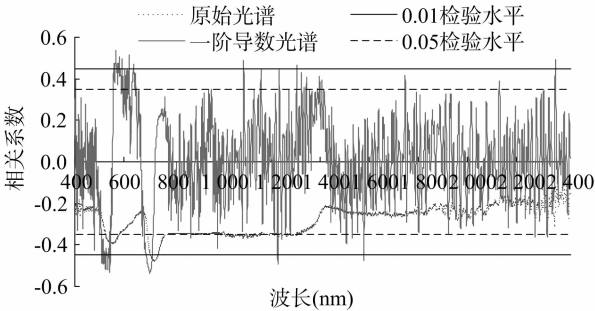


图3 花生叶片全磷含量与原始光谱、一阶导数光谱间的相关系数

如图 4 所示,在整个光谱区域内,只有极少数的原始光谱值通过显著性检验水平,且均未达到极显著性检验水平;少数一阶导数光谱波段通过显著性检验水平,极少数波段通过极显著性检验水平。

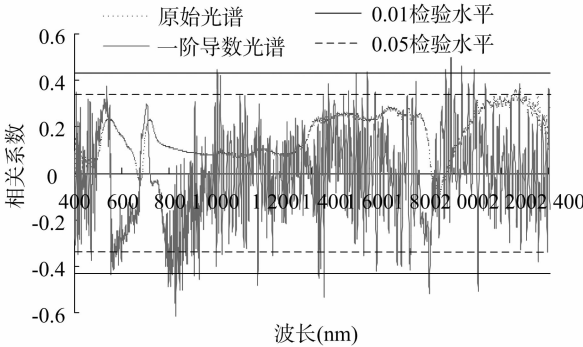


图4 花生叶片全钾含量与原始光谱、一阶导数光谱间的相关系数

2.3 花生叶片养分含量估算模型分析

本研究选用 5 个单变量线性与非线性回归模型,包括简单线性模型(Linear)、抛物线模型(Quadratic)、对数模型(Logarithmic)、逆函数模型(Inverse)、指数模型(Exponential)。采用模型拟合 R² 值、预测 R² 值、均方根误差(RMSE)3 个检验指标,对各生化组分估算模型进行精度评价。各估算模型都有较好的估算效果,其中单变量回归模型中以一阶导数光谱变量 d₅₇₀ 建立的逆函数模型为佳,其模型拟合 R² 值最大,RMSE 值和 MRE(平均相对误差)值最小,预测 R² 值也较大。逐步回归分析模型随着入选方程变量增加,模型拟合 R² 值增大,而预测 R² 值减小,RMSE 值和 MRE 值也随着变大,因此,花生叶片氮素含量最佳估算模型为 y = -0.445 7 - 0.002 6/d₅₇₀(表 3)。

表 3 花生叶片全氮含量估算模型精度检验

类型	估算模型	拟合 R^2	预测 R^2	RMSE	MRE (%)
线性与非线性回归	$y = -0.445\ 7 - 0.002\ 6/dv570$	0.781	0.742 6	0.221 4	0.89
	$= -1.197\ 6 + 0.025\ 4/dv710$	0.711	0.760 3	0.265 4	7.15
逐步回归	$y = 3.800\ 5 + 1\ 605.916\ 4 \times dv570$	0.712	0.720 3	0.241 1	0.19
	$= 3.974\ 53 + 1\ 627.956\ 49 \times dv570 + 190.615\ 6 \times dv2315$	0.789	0.659 7	0.313 8	9.59
	$= 3.921\ 8 + 1\ 703.798\ 2 \times dv570 + 228.045\ 3 \times dv2315 - 408.028\ 5 \times dv191\ 5$	0.873	0.556 2	0.347 2	12.15

通过花生叶片全磷含量估算模型的精度分析发现,一阶导数光谱变量 $dv565$ 、 $dv720$ 、 $dv1375$ 建立的逐步回归模型可以较好地预测叶片磷素含量(表 4)。

表 4 花生叶片全磷含量估算模型精度检验

类型	估算模型	拟合 R^2	预测 R^2	RMSE	MRE (%)
逐步回归	$y = 1.520\ 3 + 768.451 \times dv565$	0.413	0.215 1	0.489 8	5.22
	$= 1.218 + 856.637\ 7 \times dv565 + 285.025\ 6 \times dv720$	0.568	0.263 2	0.539 1	3.65
	$= 1.410\ 5 + 811.051\ 1 \times dv565 + 405.600\ 3 \times dv720 - 260.411\ 2 \times dv1375$	0.751	0.217 1	0.662 4	4.21

3 结论与讨论

本研究是在高光谱遥感技术对植被的理化特性和农学参数提取研究的基础上,通过控制叶片光谱采集环境,利用光谱分析技术提取光谱特征变量,通过统计回归分析方法建立光谱特征变量与花生生化组分含量间的关系,找出一些适于估算生化组分含量的敏感波段和特征参数,并评价其估算叶片生化组分含量的潜力。研究结果表明,一阶导数光谱对叶片生化组分含量的估算能力比原始光谱好。对花生氮磷钾含量光谱诊断的研究结果发现,无法预测叶片钾含量;叶片氮、磷含量均能够得到较好的预测。本研究只通过相关分析简单建立光谱特征变量与叶片生化组分间的单变量回归模型和多元回归模型,今后可以尝试通过构建人工神经网络模型和构造光谱植被指数来预测各生化组分,同时还可以在分层次采集冠层叶片样品、光谱采集过程、数据处理分析时利用曲线拟合提取光谱参数等方面进一步拓展。

参考文献:

- [1] 丁圣彦,李昊民,钱乐祥. 应用遥感技术评价植被生化物质含量的研究进展[J]. 生态学杂志,2004,23(4):109-117.
- [2] 浦瑞良,宫 鹏. 高光谱遥感及其应用[M]. 北京:高等教育出版社,2000:68-73.
- [3] Kokaly R F. Investigating a physical basis for spectroscopic estimates of leaf nitrogen concentration[J]. Remote Sensing of Environment,

2001,75:153-161

- [4] Osborne S L, Schepers J S, Francis D D, et al. Detection of phosphorus and nitrogen deficiencies in corn using spectral radiance measurements[J]. Agronomy Journal, 2002, 94: 1215-1221.
- [5] 王秀珍,黄敬峰,李云梅,等. 水稻生物化学参数与高光谱遥感特征参数的相关分析[J]. 农业工程学报,2003,19(2):144-148.
- [6] 赵 文,刘国顺,贾方方,等. 烤烟烟碱含量的高光谱预测模型[J]. 江苏农业科学,2014,42(3):275-279.
- [7] 周 鹏,张小刚,徐 彪,等. 基于高光谱的南疆红枣病虫害特征谱段选择模式[J]. 江苏农业科学,2013,41(4):108-111.
- [8] 唐延林,王秀珍,李建龙,等. 棉花高光谱及其红边特征(II)[J]. 棉花学报,2003,15(4):215-220.
- [9] 程一松,胡春胜,郝二波,等. 氮素胁迫下的冬小麦高光谱特征提取与分析[J]. 资源科学,2003,25(1):86-93.
- [10] 谭昌伟,王纪华,黄文江,等. 夏玉米叶片全氮、叶绿素及叶面积指数的光谱响应研究[J]. 西北植物学报,2004,24(6):1041-1046.
- [11] 王 磊,白由路. 基于光谱理论的作物营养诊断研究进展[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(6):902-912.
- [12] 李映雪,朱 艳,曹卫星. 不同施氮条件下小麦冠层的高光谱和多光谱反射特征[J]. 麦类作物学报,2006,26(2):103-108.
- [13] 孙 俊,金夏明,毛罕平,等. 基于有监督特征提取的生菜叶片农药残留浓度高光谱鉴别研究[J]. 江苏农业科学,2014,42(5):227-229.