

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2010)03-0176-03

光谱诊断马铃薯叶片氮素敏感波段的研究

宋英博

(黑龙江省农业科学院佳木斯分院, 黑龙江 佳木斯 154007)

摘要: 利用 Unispec-SC 光谱仪测定马铃薯叶片光谱反射率, 寻找马铃薯叶片氮含量的敏感波段并计算相应的植被指数。结果表明: 在可见光波段范围内, 550 nm 和 580 nm 2 个波段的光谱反射率与氮含量的相关性较好; 在近红外区域, 820 nm、900 nm 和 1 005 nm 3 个波段与氮含量的相关性达到了显著水平。利用上述波段计算植被指数, 在 1 005 nm 和 580 nm 组合的波段, 植被指数与氮含量相关性最好并且以 DVI 的相关系数最高, $r = -0.8994$, 达到了显著水平。

关键词: 马铃薯; 氮含量; 叶片光谱反射率; 植被指数

Sensitive Band Ranges of Leaf Spectral Reflectance in Diagnosis of Potato Nitrogen Nutrition

SONG Yingbo

(Jiamusi Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi, Heilongjiang 154007, China)

Abstract: Based on leaf spectrum reflectance of potatoes tested by Unispec-SC NIRS, sensitive band ranges of leaf nitrogen concentration was identified, and vegetation index was established. Reflectance of two wave bands, 550 nm and 580nm, selected from visible light, had a good correlation to nitrogen content of potatoes and the reflectance of three wave bands, 820 nm, 900 nm and 1005nm, from near infrared light, were significantly correlated to the nitrogen content of potatoes. Vegetation indexes were calculated with the band range mentioned above and 1005 nm and 580 nm had the high correlation with nitrogen content, with DVI showing the highest correlation, $r = -0.8994$, which was significant at 0.05 level.

Key Words: nitrogen concentration; leaf spectrum reflectance; vegetation index.

各种植物胁迫如缺氮、干旱等都会使作物叶片的光反射特性发生改变, 通过检测植物叶片光学反射特性可以了解作物的营养状况。早在 1972 年 Thomas 等^[1]就发现甜椒叶片含氮量与 550~675 nm 波长间叶片的反射系数高度相关, 说明植物光谱分析有可能快速、简便、较精确、非破坏性地监测植物氮素营养。有关作物氮素营养状况的遥感估测, 国内外在玉米、水稻、小麦、大豆等禾谷类作物上已有大量的研究报道^[2-10]。而有关马铃薯叶片光谱预测氮素营养的研究, 则相对较少。因此寻求对马铃薯叶片光谱诊断氮素敏感波段, 对指导马铃薯氮肥的

施用具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试材料为脱毒马铃薯克新 13 号, Unispec-SC 光谱仪为美国(原英国) PP Systems 公司生产(光谱分辨率 10 nm, 可在 310~1130 nm 波段范围内进行连续测量), 由黑龙江省农业科学院佳木斯分院提供。

试验于 2008 年在黑龙江省双鸭山市四方台区进行, 前茬作物大豆。土壤条件, 碱解氮含量 $138.29 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有效磷含量 $130.96 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效钾

收稿日期: 2010-03-09

基金项目: 黑龙江省国际合作资助项目(WB08C07)。

作者简介: 宋英博(1979-), 男, 硕士研究生, 从事植物营养生理研究。

含量 $248.78 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH 值 6.5, 有机质含量 4.7%, 全氮含量 0.21%, 全磷含量 0.2%, 全钾含量 3.7%。设 3 个施氮水平, 每公顷施纯氮分别为 0 kg、60 kg、120 kg (用 N_0 、 N_{60} 、 N_{120} 代表)。试验小区 0.2 hm^2 。

1.2 试验方法

1.2.1 叶片光谱值的测定

分别在苗期、块茎形成期、块茎膨大期、淀粉积累期和成熟期, 采用 Unispec-SC 光谱仪对马铃薯倒四叶的顶小叶进行光谱值的测定, 每处理选 5 株, 其平均值作为该时期的 1 次调查结果, 并取下植株, 测定植株样品含氮量。另标定 5 株长势相同植株, 备下回测量取样。

1.2.2 植株氮含量的测定

用凯氏定氮法测定植株全氮含量^[1]。

1.3 统计分析

植被指数的计算公式: 比值植被指数 RVI, $RVI = Nir / Red$; 归一化植被指数 NDVI, $NDVI = Nir - Red / Nir + Red$; 差值植被指数 DVI, $DVI = Nir - Red$ 和再归一化植被指数 RDVI, $RDVI = NDVI \times DVI$)^{1/2}, 其中, Nir 表示近红外波段的反射率; Red 表示红波段的反射率。

试验数据用 Excel 软件进行统计处理。

2 结果与分析

2.1 不同施氮量对马铃薯叶片光谱的影响

在马铃薯的块茎形成期, 不同施氮水平下 460~710 nm 光谱反射率变化不大, 710~1130 nm 随施氮水平的提高而上升, 反射率的变化趋势为: $N_{120} > N_{60}$

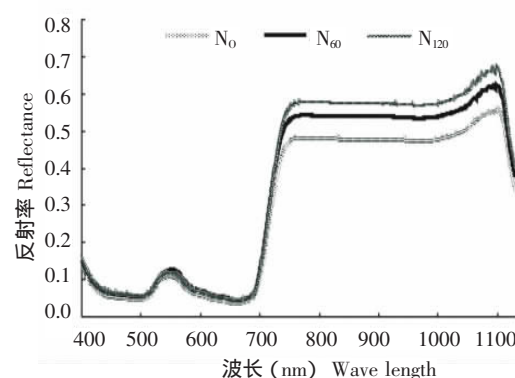


图 1 不同施氮水平马铃薯叶片光谱动态变化

Figure 1 Dynamic change of leaf spectrum reflectance of potatoes under different nitrogen level

> N_0 (图 1)。460~710 nm 的光谱特征受色素, 主要是叶绿素(还有类胡萝卜素等)的控制, 而叶绿素在可见光区有很强的吸光能力, 主要吸收蓝光和红光。因此在位于蓝光和红光之间的 550 nm 左右有反射峰存在, 绿色植被反射光谱在 600~680 nm 附近有一个谷值。在近红外区(710~1130 nm)反射率较高, 在近红外区域由于受叶片结构的影响, 使得 810~1000 nm 波段出现一个较高的反射平台。随施氮水平的增加, 反射率在可见光波段(460~710 nm)有所降低, 而在近红外波段(710~1130 nm)明显升高。

2.2 不同施氮量对马铃薯氮积累量的影响

对不同时期不同施氮水平马铃薯氮积累量数据进行分析, 结果表明: 马铃薯氮积累量在苗期 N_{120} 、 N_{60} 和 N_0 之间无明显变化。由图 2 可见, 从块茎形成期开始, 氮积累量均随着施氮量的增加而增加。随着生育期的推移, 氮素积累量逐渐增加, 到淀粉

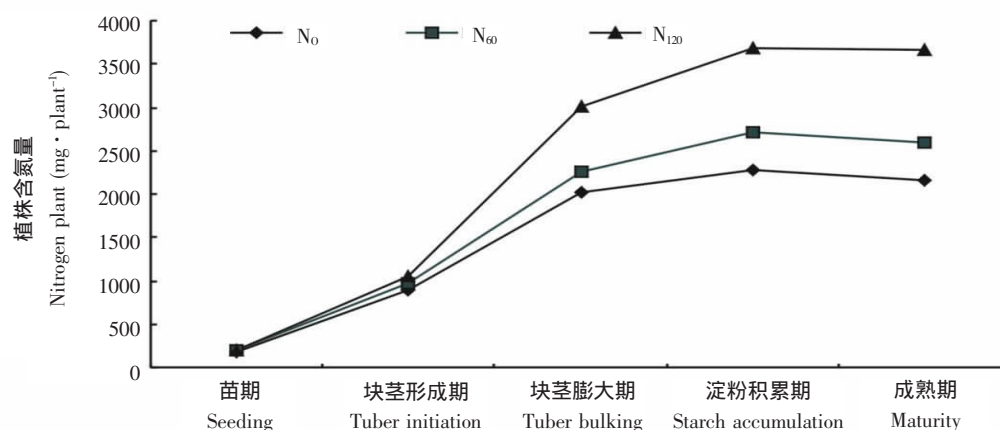


图 2 不同施氮量对马铃薯氮积累量的动态变化

Figure 2 Dynamic change of nitrogen content of potatoes under different nitrogen levels at different time

积累期达到峰值, 此后随着叶片的衰老、脱落, 发生氮素的转移和损失, 使氮的积累量不断下降。

2.3 马铃薯叶片光谱反射率与氮含量的相关性分析

对苗期、块茎形成期、块茎膨大期、淀粉积累期和成熟期马铃薯叶片光谱反射率与氮含量进行相关性分析, 算得的相关系数 r , 通过 Excel 有代表性筛选, 在可见光波段范围内, 马铃薯选取 550 nm 和 580 nm 2 个波段的光谱反射率, 它们与氮含量的相关性较好; 在近红外区域, 选取 820 nm、900 nm 和 1 005 nm 3 个波段, 与氮含量的相关性达到了

显著水平。

利用上述选取的波段, 通过植被指数的计算公式, 计算出 RVI、DVI、NDVI 和 RDVI 值, 对 4 种植被指数与相应的氮含量进行相关性分析, 查表与 $r_{0.05,3} = 0.878$ 进行比较, 结果表明: 820 nm 和 580 nm 组合、900 nm 和 580 nm 组合、1 005 nm 和 580 nm 组合波段计算的差值植被指数(DVI)与氮含量相关性均达到了显著水平, 且 1 005 nm 和 580 nm 组合波段计算的植被指数与氮含量相关性最好, 并且以 DVI 的相关系数最高(表 1)。

表 1 不同波段光谱反射率的植被指数与氮含量的相关系数

Table 1 Correlations coefficient of vegetation index in different wavelengths and nitrogen contents

植被指数 Vegetation index	R_{820}/R_{550}	R_{820}/R_{580}	R_{900}/R_{550}	R_{900}/R_{580}	R_{1005}/R_{550}	R_{1005}/R_{580}	平均 r 值 Average r value
RVI	-0.8261	-0.8363	-0.8288	-0.8397	-0.8285	-0.8397	-0.8332
DVI	-0.8427	-0.8896*	-0.8472	-0.8958*	-0.8483	-0.8994*	-0.8705
NDVI	-0.8224	-0.8012	-0.8264	-0.8053	-0.8270	-0.8073	-0.8149
RDVI	-0.8330	-0.8613	-0.8374	-0.8668	-0.8380	-0.8698	-0.8510
平均 r 值 Average r value	-0.8311	-0.8471	-0.8350	-0.8519	-0.8354	-0.8541	

注: * 表示达到 0.05 显著水平 ($r_{0.05,3} = 0.878$)。 Note: * indicates it reaches the significance at 0.05 level of probability ($r_{0.05,3} = 0.878$).

3 讨 论

马铃薯植株体内氮素的积累苗期缓慢, 块茎形成后直线增加, 到淀粉积累期达到峰值, 而后逐渐下降。通过本试验研究, 在可见光波段范围内, 马铃薯选取 550 nm ($|r| = 0.726$) 和 580 nm ($|r| = 0.708$) 2 个波段的光谱反射率, 它们与氮含量的相关性较好; 在近红外区域, 选取 820 nm ($|r| = 0.918$)、900 nm ($|r| = 0.925$) 和 1 005 nm ($|r| = 0.926$) 3 个波段, 与氮含量的相关性达到了显著水平。利用上述选取的波段, 通过植被指数的计算公式, 结果表明: 在 1 005 nm 和 580 nm 组合的波段计算的植被指数与氮含量相关性最好, 并且以 DVI 的相关系数最高, 达到了显著水平。由于参试品种仅有一个, 因此还有待于进一步的验证。总体上看, 本研究运用 DVI 植被指数可以较好地监测和诊断马铃薯植株氮素状况。

【参 考 文 献】

[1] Thomas J R, Oerther G F. Estimating nitrogen content of sweet

pepper leaves by reflectance measurements[J]. Agronomy, 1972, 64: 11-13.

- [2] 宋开山, 张柏, 于磊, 等. 玉米地上鲜生物量的高光谱遥感估算模型研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 2005, 21(1): 65-67.
- [3] 尚宗波, 杨继武, 殷红, 等. 玉米生长生理生态学模拟模型[J]. 植物学报, 2000, 42(2): 184-194.
- [4] 薛利红, 曹卫星, 罗卫红, 等. 基于冠层反射光谱的水稻群体叶片氮素状况监测[J]. 中国农业科学, 2003, 36: 807-812.
- [5] 刘占宇, 黄敬峰, 王福民, 等. 估算水稻叶面积指数的调节型归一化植被指数[J]. 中国农业科学, 2008, 41(10): 3350-3356.
- [6] 冯伟, 朱艳, 姚霞, 等. 基于高光谱遥感的小麦叶干重和叶面积指数监测[J]. 植物生态学报, 2009, 33(1): 34-44.
- [7] 姚霞, 朱艳, 田永超, 等. 小麦叶层氮含量估测的最佳高光谱参数研究[J]. 中国农业科学, 2009, 42(8): 2716-2725.
- [8] 宋开山, 张柏, 王宗明, 等. 大豆叶绿素含量高光谱反演模型研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(8): 16-21.
- [9] 宋开山, 张柏, 王宗明, 等. 基于人工神经网络的大豆叶面积高光谱反演研究[J]. 中国农业科学, 2006, 39(6): 1138-1145.
- [10] 孟卓强, 胡春胜, 程一松. 高光谱数据与冬小麦叶绿素密度的相关性研究[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(6): 74-79.
- [11] 何惠萍, 郑治洪, 陈雪妮. 近红外光谱仪与凯氏定氮法测定油菜蛋白质含量的比较[J]. 种子, 2004, 23(8): 22-23.