

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2009)04-0203-04

# 马铃薯氮素营养状况的 SPAD 仪诊断

聂向荣, 樊明寿\*

(内蒙古农业大学农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

**摘要:** 以马铃薯品种克新 1 号为材料, 研究了叶片 SPAD 值、叶片全氮含量、叶绿素含量以及块茎产量随供氮水平的变化规律及相互关系, 旨在为使用叶绿素仪进行马铃薯无损氮素诊断和推荐施肥奠定基础。研究表明, 从马铃薯苗期到块茎淀粉积累各个生育阶段叶片的 SPAD 测定值均与马铃薯叶片含氮量呈显著正相关关系。除苗期外, 块茎形成期、块茎膨大期、淀粉积累期的马铃薯叶片含氮量和叶片 SPAD 值随土壤施氮量的变化均表现为线形加平台的模式。因此马铃薯块茎形成期后叶片的 SPAD 读数可揭示马铃薯的氮素营养状况。统计分析结果还表明, 叶片 SPAD 值与块茎相对产量呈线形加平台的数量关系模式, 据此确定了应用叶绿素仪 SPAD-502 进行马铃薯推荐施肥的 SPAD 临界值为块茎形成期 47.3、块茎膨大期 45.1、淀粉积累期 40.2。

**关键词:** 马铃薯; SPAD 值; 氮素营养诊断

中国是世界马铃薯生产大国, 然而由于我国马铃薯多种植于干旱和土壤贫瘠地区, 单产不及世界发达国家的 1/3<sup>[1]</sup>。近年来随着马铃薯产业化发展和经济效益的提高, 各级政府和农民开始增加马铃薯生产中的投入, 马铃薯灌溉面积和施肥量逐年增加, 大量研究表明, 氮肥分次追施的肥料利用效率显著高于一次施用<sup>[2]</sup>, 因此, 分次施用的技术毫无疑问值得推广。但是追施数量和追施时期目前还存在较大的盲目性。近年来全国范围的测土配方施肥工作一定程度上精确了马铃薯的肥料用量, 但是由于土壤理化性质以及有机物矿化的复杂性, 仅靠播前测土还不能为追肥提供科学的指导。

植株全氮含量可以直接反映作物氮素状况, 与作物产量相关性较好<sup>[3-5]</sup>, 是一个很好的诊断指标, 可准确地指导施肥。但是全氮分析需要进行破坏性取样, 操作繁琐, 工作量较大, 在推广应用中有一定困难。如前人曾对水稻等作物植株全氮营养诊断指标体系进行了研究<sup>[3]</sup>, 但其成果一直未能推广。众所周知, 氮素的丰缺影响植株叶绿素的合

成和含量, 叶绿素的含量可以反映植物的氮素营养状况, 但是直接测定叶片的叶绿素含量同样也耗时, 同时对植株造成损伤。SPAD-502 是一种便携的叶绿素检测仪, 其 SPAD 值是叶片叶绿素相对含量读数, 也称绿色度, 在水稻、小麦、玉米、高粱等作物上的研究表明, SPAD 读数可以较好的反映植物叶片叶绿素的浓度<sup>[3-6]</sup>, 而且与植株氮素浓度以及产量均有较好的相关, 并以其作为氮肥追施的依据<sup>[4-5]</sup>。马铃薯叶片 SPAD 值与其叶绿素含量也存在密切的数量关系<sup>[6-7]</sup>。而且关于马铃薯不同叶位 SPAD 值变化与光温条件的关系也做了研究<sup>[8]</sup>。这些为开展以 SPAD 值为依据的推荐施肥奠定了基础。本文将在前人研究的基础上, 进一步确立马铃薯不同生育阶段叶片 SPAD 临界值, 为推荐施肥提供更具体的依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试材料为脱毒克新 1 号, 由内蒙古正丰马铃薯种业有限公司提供。

### 1.2 试验处理

#### 1.2.1 试验地条件

试验于 2008 年 4~10 月在内蒙古农业大学农场进行。供试土壤为壤土, 耕作层 0~20 cm, 有机质

收稿日期: 2009-01-02

基金项目: 科技部十五科技支撑计划(2008BADA4B02)与农业部公益性行业计划项目(200803030)资助。

作者简介: 聂向荣(1983-), 男, 硕士研究生, 从事植物营养生理研究。

\* 通讯作者: Email: fmswh@yahoo.com.cn.

含量 2.38%, 全氮量 0.131%, 硝态氮 62.8 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效磷 42 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效钾 151 mg·kg<sup>-1</sup>, pH 6.6, 无霜期为 130~140 d。

### 1.2.2 试验设计

试验共设 6 个处理, 即氮肥(纯氮)每 667 m<sup>2</sup> 的施用量为 0 kg(N<sub>0</sub>)、6 kg(N<sub>1</sub>)、12 kg(N<sub>2</sub>)、18 kg(N<sub>3</sub>)、24 kg(N<sub>4</sub>)、30 kg(N<sub>5</sub>)。磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、钾(K<sub>2</sub>O)肥每 667 m<sup>2</sup> 分别是 10 kg 和 20 kg 作为基肥一次性施入。氮肥 2/3 作种肥, 1/3 作追肥(在块茎膨大期时结合灌水追肥)。小区随机排列, 重复 3 次, 每小区为 14 行, 行距 53 cm, 株距 42 cm, 种植密度 52 020 株·hm<sup>-2</sup>, 每小区 5 行留作测产, 9 行留作取样, 播种深度 10 cm 左右。小区之间的畦梁宽 40 cm, 在播种结束后的当天刮畦。为避免串灌, 在小区的一侧留足水渠。以上各处理的田间管理条件一致。

### 1.3 测定内容及方法

#### 1.3.1 叶绿素含量

叶绿素提取采用丙酮法, 叶绿素含量的测定采用比色法<sup>[9]</sup>。

#### 1.3.2 叶片 SPAD 值

SPAD 值采用日本 Minolta 公司生产的 SPAD-502 叶绿素仪测定。在块茎形成期、块茎膨大期、淀粉积累期分别挑选长势相同 30 株马铃薯测定其倒 3 叶的顶小叶 SPAD 值, 自马铃薯顶部第一片全展叶计为倒 1 叶, 依次向下为倒 2 叶、倒 3 叶…。每一叶片测 3 个位点, 取平均值作为该叶片的 SPAD 值。

#### 1.3.3 植株全氮量

植株全氮量的测定采用凯氏定氮法<sup>[10]</sup>。

### 1.4 统计分析

试验数据用 SAS、Excel 软件进行统计处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 施氮量对马铃薯全氮含量及叶片 SPAD 值的影响

在施氮量较低时, 随着施氮量的增加, 叶片全氮量呈增加趋势, 当施氮量达到一定值时, 即施氮量每 667 m<sup>2</sup> 超过 18 kg 后叶片含氮量不再随施氮量增加而增加, 呈线性加平台模式, 而且在块茎形成期、块茎膨大期和淀粉积累期 3 个不同生育阶段表现出相同的趋势。同一施氮水平下, 叶片含氮量呈现随着生育进程而降低的趋势(图 1)。

与叶片全氮含量变化的趋势相似, 一定范围内, 随着施氮量的增加, 叶片叶绿素含量也增加, 当施氮量达到一定水平时, 叶绿素含量不再随施氮量而显著增加, 而且叶片的 SPAD 值也表现出同样的规律(图 2), SPAD 值与叶绿素含量始终呈极显著正相关关系(图 3)。

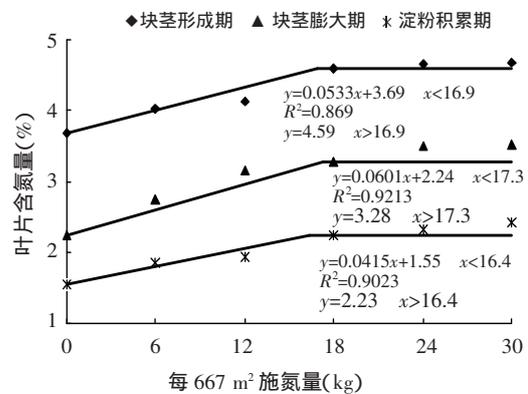


图 1 不同施氮水平下马铃薯叶片全氮含量的变化

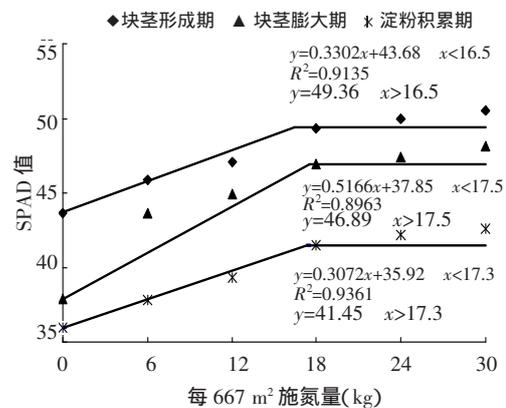


图 2 马铃薯叶片 SPAD 值对施氮水平的响应

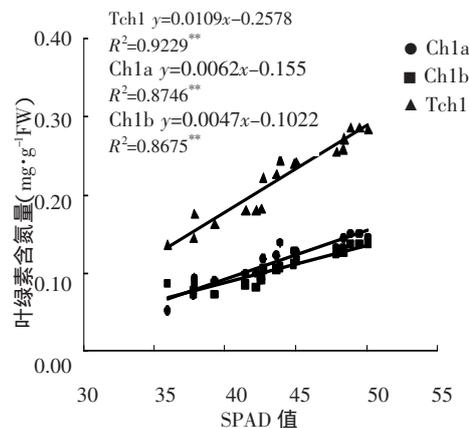


图 3 叶片叶绿素含量与 SPAD 的相关关系

进一步对不同生育阶段测定的马铃薯叶片 SPAD 值与全氮含量进行统计分析发现二者呈极显著正相关关系, 相关系数为 0.9531(图 4)。

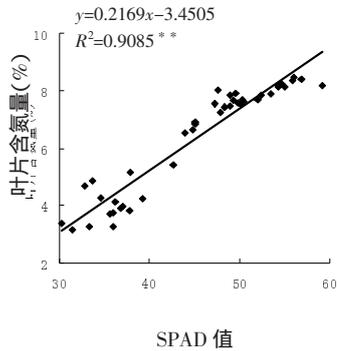


图 4 马铃薯叶片全氮含量与 SPAD 值的相关关系

后施肥量的增加并未引起产量的继续增加, 反而引起块茎产量一定程度的下降。

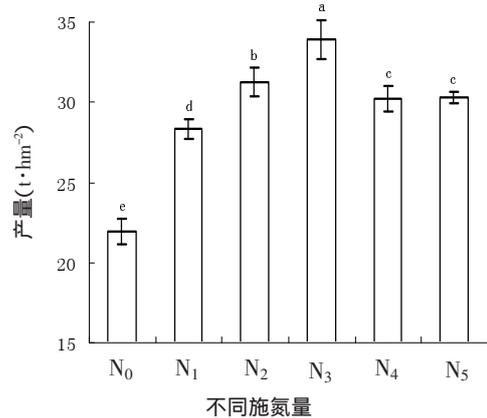


图 5 不同施氮水平条件下马铃薯的块茎产量

## 2.2 马铃薯叶片 SPAD 值与块茎产量间的关系

图 5 为不同施氮水平条件下马铃薯的产量, 从中可看出随着施氮量的增加, 产量逐渐增加, 当施肥量为每 667 m<sup>2</sup> 18 kg 时, 产量达到最高, 之

将不同生育时期叶片 SPAD 测定值与收获时块茎产量进行相关分析发现, 各生育时期的叶片 SPAD 值均与收获时马铃薯的块茎产量密切相关(图 6)。

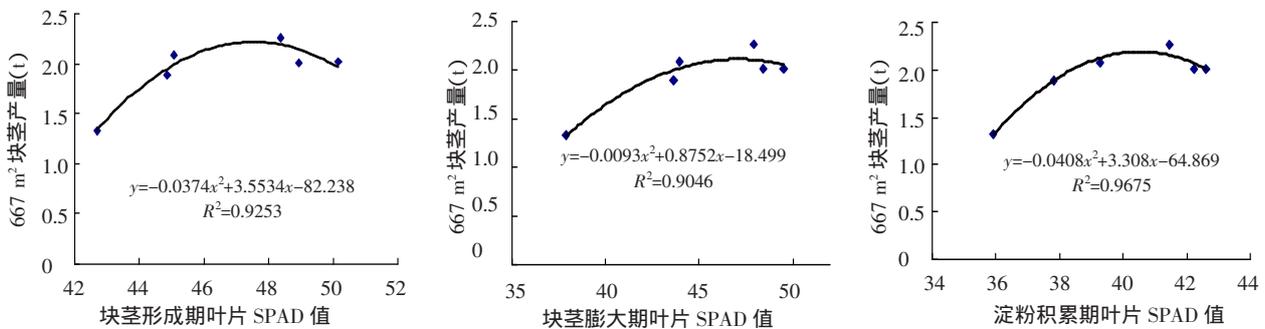


图 6 不同生育时期马铃薯叶片 SPAD 值与收获时块茎产量的关系

将所有处理的产量分别与试验中最大产量相比计算出各处理的相对产量, 即最高产量的相对产量

为 1, 其余处理的相对产量均小于 1。然后再对各个生育时期叶片的 SPAD 值与收获时块茎相对产量

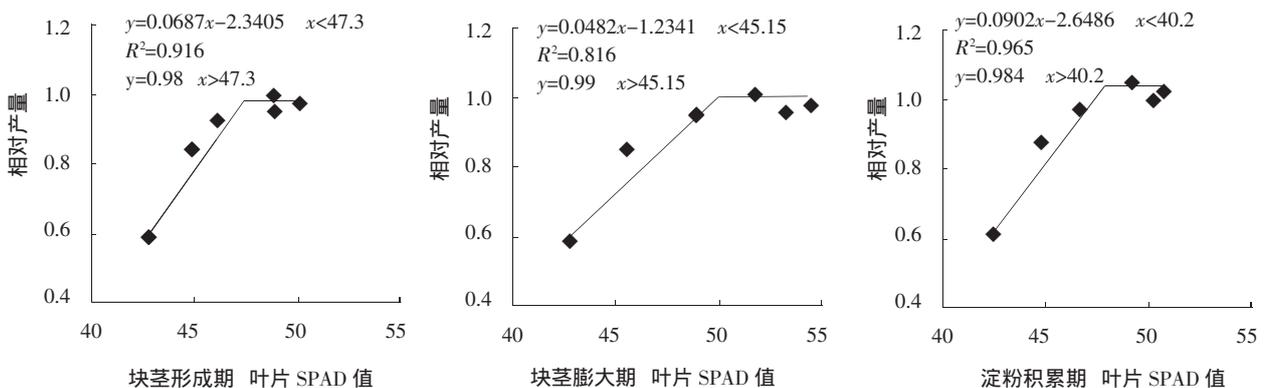


图 7 不同生育时期叶片 SPAD 值与块茎相对产量的数量关系

进行回归分析, 结果是除苗期外各生育时期叶片的 SPAD 测定值均与块茎相对产量呈如图 7 所示的线性加平台数量关系。

由图 7 可知, 在相对产量达到平台时, 马铃薯块茎形成期、块茎膨大期、淀粉积累期的倒 3 叶位叶片叶绿素仪读数分别是 47.3、45.1 和 40.2。

### 3 讨 论

#### 3.1 应用 SPAD 仪进行马铃薯氮素营养诊断的可行性

苏云松等<sup>[6]</sup>曾对不同马铃薯基因型的研究发现, 马铃薯叶片叶绿素含量与叶绿素仪 SPAD-502 的测定结果高度相关。

本试验在同一品种不同施氮条件下得出的结果进一步证实, SPAD-502 的读数完全可以揭示马铃薯叶片的叶绿素相对含量, 而且可以推算其绝对含量。如前文所述, 国内外已经有大量研究表明, 叶绿素仪 SPAD-502 的读数可以很好地反映许多植物的氮素营养状况, 并用 SPAD 仪进行植物氮素营养诊断和推荐施肥<sup>[3]</sup>。

本研究结果发现, 从马铃薯苗期到块茎淀粉积累各个生育阶段叶片的 SPAD 测定值均与马铃薯叶片含氮量呈显著正相关关系。除苗期外, 块茎形成期、块茎膨大期、淀粉积累期的马铃薯叶片 SPAD 值随土壤施氮量的变化模式均表现为线形加平台的模式, 叶片含氮量随土壤施氮量的变化模式也表现为线形加平台的模式。这说明在马铃薯块茎形成期后叶片的 SPAD 读数即可很好地揭示马铃薯的氮素营养状况。

#### 3.2 氮肥推荐的临界 SPAD 值

应用 SPAD 仪进行马铃薯氮素诊断的目的在于指导氮肥追施, 而指导施肥的关键在于确定临界 SPAD 值, 若叶片 SPAD 读数高于临界值不需要补充氮肥, 倘低于临界 SPAD 则表明需要补充氮肥。按照 Ulrich 理论, 即当作物产量达到最高时, 所对应的叶片 SPAD 值为最适 SPAD 值, 当产量为最大产量的 95% 时, 叶片 SPAD 值为临界 SPAD 值, 本研究通过马铃薯克新 1 号品种产量与叶片 SPAD 值关系的函数, 统计分析得出, 马铃薯块茎形成期、块茎膨大期、淀粉积累期临界 SPAD 值分别为 45.3、45.1 和 39.3。但是从本试验结果拟合的回归方程可

看出, 当施氮量超过最大产量的施氮量时叶片 SPAD 值也有小于临界 SPAD 值的情形, 在这种情况下按照低于临界 SPAD 值即补充氮肥的原则, 还应继续增加氮肥投入, 这显然是错误的。因此根据将 SPAD 临界值简单定义为最大产量 95% 对应的 SPAD 值存在一定的片面性。

本文得出各生育时期叶片的 SPAD 测定值均与块茎相对产量呈线性加平台数量关系。当相对产量达到平台阶段时的最小 SPAD 值即可认为是临界 SPAD, 即马铃薯块茎形成期、块茎膨大期、淀粉积累期倒 3 叶位叶片的 SPAD 临界值分别是 47.3、45.1 和 40.2。这种以相对产量进行的分析避免了根据模型推算出在施肥量已经超量的情况下还要继续追加肥料投入的问题, 因此相对而言更具有指导实践的价值。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 谢开云, 屈冬玉, 金黎平, 等. 中国马铃薯生产与世界先进国家的比较[J]. 世界农业, 2008(5): 35-41.
- [ 2 ] 张福锁, 马文奇, 江荣凤, 等. 养分资源概念及其综合管理的理论基础与技术途径[M]//张福锁. 养分资源综合管理. 北京: 中国农业大学出版社, 2003.
- [ 3 ] 陈杨, 樊明寿, 李斐, 等. 氮素营养诊断技术的发展及其在马铃薯生产中的应用[J]. 中国农学通报 2009, 25(3): 66-71.
- [ 4 ] 贾良良, 陈新平, 张福锁. 作物氮营养诊断的无损测试技术[J]. 世界农业, 2001(1): 36-37.
- [ 5 ] 陈防, 鲁剑巍. SPAD-502 叶绿素计在作物营养快速诊断上的应用初探[J]. 湖北农业科学, 1996(2): 31-34.
- [ 6 ] 苏云松, 郭华春, 陈伊里. 马铃薯叶片 SPAD 值与叶绿素含量及产量的相关性研究[J]. 西南农业学报, 2007, 20(4): 690-693.
- [ 7 ] Gianouinto G, Goffart J E, Olivier M, et al. The use of hand-held chlorophyll meters as a tool to assess the nitrogen status and to guide nitrogen fertilization of potato crop[J]. Potato Research, 2004, 47(5): 35-80.
- [ 8 ] 肖关丽, 郭华春. 不同温光条件下马铃薯不同叶位叶 SPAD 值变化规律研究[J]. 中国马铃薯, 2007, 21(3): 146-148.
- [ 9 ] 邹琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [ 10 ] 南京农业大学. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996.

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2009)04-0207-06

# 生态功能材料坡缕石的保水及对马铃薯产量效应研究

蔺海明<sup>1</sup>, 刘伟生<sup>2</sup>, 刘学周<sup>1</sup>, 王 蒂<sup>1, 3\*</sup>, 宋 颖<sup>4</sup>, 柳明珠<sup>2</sup>

( 1. 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 兰州大学化学化工学院, 甘肃 兰州 730070; 3. 甘肃省作物遗传改良与种质创新重点实验室, 甘肃 兰州 730070; 4. 甘肃凯迪生态农业科技有限公司, 甘肃 兰州 730070 )

**摘要:** 坡缕石具有较强的保水性、吸附性和缓释性, 是一种新型的生态功能材料, 在农业上具有广阔的应用前景。为探明其保水及增产效应, 以马铃薯为指示作物进行了其不同配施方式的研究, 结果表明, 坡缕石和保水剂、营养肥料配施能明显促进马铃薯的株高增长、增加茎叶和穴薯鲜重量、提高马铃薯单位面积产量和改善马铃薯品质。坡缕石单施时, 马铃薯产量较对照增产 21.55%; 坡缕石与营养肥料配施时, 马铃薯产量增幅为 36.62%~51.28%; 同时还表现出坡缕石具有保水和提高水分利用率的效应, 可作生态功能新材料应用于生态农业建设之中。

**关键词:** 生态材料; 坡缕石; 保水效应; 马铃薯; 产量

坡缕石(Palygorskite)又称凹凸棒石(Attapulgite), 在矿物学分类上隶属于海泡石族, 系含水的层、

链、纤维状镁质硅酸盐。理想晶体化学式  $Mg_5Si_8O_{20}(OH)_2(OH_2)_4 \cdot 4H_2O$ , 为层链状晶体结构模式<sup>[1,2]</sup>。

收稿日期: 2009-01-02

基金项目: 国家科技支撑计划项目“马铃薯优质高效配套生产技术与示范(2006BAD21B05)”；教育部博士点基金项目“坡缕石的增产效应及作用机理研究(200807330006)”。

作者简介: 蔺海明(1953-), 研究员, 博士, 主要从事生态农业的研究。

\* 通讯作者: E-mail: wangd@gsau.edu.cn

最早由俄国学者隆夫钦科夫于1862年在乌拉尔矿区的热液蚀变产物中发现这一特殊矿物, 并将其命名为坡缕石。法国学者拉巴朗特(Laporent)于1935年又在美国佐治亚州凹凸堡(Attapulays)和法国莫摩隆(Mormoriron)沉积岩层中发现了此种矿物, 并命名为凹凸棒石。1982年世界矿物命名委

## Diagnosis of Potato Nitrogen Nutrition Status by Use of Chlorophyll Meter SPAD-502

Nie Xiangrong, Fan Mingshou

( College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China )

**Abstract:** The change of potato leaf SPAD value, leaf nitrogen concentration, leaf chlorophyll concentration and potato tuber yield with nitrogen supply was studied in Hohhot by conducting field experiment with the potato variety of Kexin 1. The results showed that leaf SPAD value positively correlated with leaf nitrogen content significantly at potato different growth stages. At tuber initiation stage, tuber bulking stage and tuber starch accumulation stage, both leaf SPAD values and leaf nitrogen contents varied with nitrogen fertilization levels in linear-plateau regression modes, therefore SPAD value could be a good indicator of potato nitrogen nutrition status. Further analysis also showed that relative tuber yield and leaf SPAD correlated in linear-plateau mode, and from the regression mode, threshold SPAD values for the different growth stages of potato were obtained, which are critical for the instruction of nitrogen fertilization in potato by SPAD-502.

**Key Words:** potato; SPAD values; nitrogen nutrition diagnose