

# M-DRIS 在马铃薯幼苗 N、P、K 养分平衡 诊断中的应用

官利兰, 吕东平, 罗宏愿, 袁嘉铭, 张新明  
(华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642)

**摘要:**通过沙培盆栽试验,以完全营养液处理为对照,应用修正诊断施肥综合法(Modified diagnosis and recommendation integrated system, M-DRIS)对缺 N 处理马铃薯幼苗各采样部位 N、P、K 的丰缺状况进行了诊断. 结果表明, N 缺乏抑制马铃薯植株的生长发育;缺 N 处理中 N 含量有所下降,而 P、K 含量增加;养分非平衡指数(Nutrient imbalance index, NII):地上茎>叶>块茎>叶片>叶柄>地下部,地上茎中养分最不平衡,地下部较适宜;缺 N 处理马铃薯幼苗的需肥顺序是:N>K>P.

**关键词:**M-DRIS; 马铃薯幼苗; 养分平衡; 缺 N 处理  
**中图分类号:**S151.9      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-411X(2013)04-0480-04

## M-DRIS Application in Diagnosis of N,P,K Nutrient Balance of Potato Seedlings

GUAN Lilan, LÜ Dongping, LUO Hongyuan, YUAN Jiaming, ZHANG Xinming  
(College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:**Through the sand culture pot experiment, using complete solution as the control, modified diagnosis and recommendation integrated system (M-DRIS) was used to diagnose the N,P,K sufficiency in different parts of N deficiency potato. The results showed that nitrogen deficiency would inhibit the growth of potato. The nutrient content of N was lower than CK(complete solution) while the nutrient content of P,K were higher. Nutrient imbalance index (NII): aerial stem > leaf > the petiole > leaf blades > tuber > underground portion. The nutrient content of aerial stem was the most imbalanced part, while underground portion nutrient content was in a proper range. The order of nutrient requirements by potato seedlings was N > K > P under the condition of N deficiency.

**Key words:**M-DRIS; potato seedling; nutrient balance; nitrogen deficiency

马铃薯 *Solanum tuberosum* L. 又名洋芋和土豆, 广泛种植于世界 157 个国家和地区, 种植面积达 1 900 多万  $\text{hm}^2$ , 仅次于小麦、水稻和玉米, 居第 4 位. 我国马铃薯种植面积达 470 多万  $\text{hm}^2$ , 是世界第一大马铃薯生产国<sup>[1-3]</sup>.  
国内外有关修正诊断施肥综合法(Modified diagnosis and recommendation integrated system, M-DRIS)的研究主要集中在果树和大豆上<sup>[4-8]</sup>, 鲜见在马铃薯上的应用报道. 近年来有关马铃薯 N 元素营养的研究主要集中在马铃薯对 N 元素营养的吸收分配和 N 肥对马铃薯生长发育、产量及品质影响等方面<sup>[9]</sup>. 本研究旨在通过应用 M-DRIS 来探讨缺 N 胁迫下马铃薯幼苗各部位中养分的相对平衡状况, 以期为相关研究提供参考, 为马铃薯平衡配方施肥提供依据.

收稿日期:2012-12-11      网络出版时间:2013-06-25  
网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20130625.0957.001.html>  
作者简介:官利兰(1988—),女,硕士;通信作者:张新明(1965—),男,副教授,博士,E-mail: xzmzhang@scau.edu.cn  
基金项目:广东省科技计划项目(2010B020315022);国家科技支撑计划(2007BAD89B14);广东省教育部产学研结合项目(2011B090400207)

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用盆为高 440 mm、上口直径为 500 mm、下端直径为 320 mm 的塑料盆. 沙培材料为一般河沙. 完全营养液采用华南农业大学番茄配方, 营养液用去离子水和分析纯化学试剂配制, 分析纯化学试剂包括  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{KNO}_3$ 、 $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 、 $\text{KCl}$ 、 $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 、 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、EDTA-二钠盐、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{H}_3\text{BO}_3$ 、 $\text{ZnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{HCl}$  及  $\text{NaOH}$ . 供试马铃薯品种是费乌瑞它合格脱毒种薯.

1.2 试验设计

试验于 2011 年 11 月—2012 年 3 月在华南农业大学日光温室内进行, 采用沙培盆栽试验. 试验设有完全营养液和缺 N 2 个处理, 每个处理重复 3 次. 控制基质中没有水层的出现而基质的含水量达到其饱和和持水量的 70% ~ 80%. 种植后从第 10 天开始每 3 d 浇 1 次营养液, 每次 300 mL. 根据实际情况防虫防病.

1.3 测定项目与方法

植株矿质养分的分析: 取植株样品, 经洗涤、烘干、碾碎, 进行矿质元素测定. N、P、K 含量测定: 样品经过  $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$  消化后, N 用奈氏比色法测定, P 用钼锑抗比色法测定, K 用火焰光度法测定<sup>[10]</sup>. 马铃薯出苗后, 每隔 10 d 测定茎粗(茎的直径)和株高. 茎粗用游标卡尺测定地上茎最粗的部位, 重复 3 次. 用刻度尺测定株高, 从沙面至生长点, 重复 3 次.

1.4 数据处理

采用 Hallmark 等<sup>[11]</sup>的 M-DRIS 法, 计算冬作马铃薯体内矿质养分的平衡状况, 公式如下:

$$X_i = \frac{9 \times \sum [F(X/A) + F(X/B) + \dots + F(X/N)] + F(X/m_{\mp})}{n - 1}$$

式中,  $X_i$  表示养分,  $i$  代表指数,  $n$  代表在计算  $X_i$  时养分元素数目;  $A、B \cdots N$  表示营养元素的质量浓度;  $m_{\mp}$  表示营养元素的干物质量;  $F(X/A) \cdots, F(X/N)$  代表由公式  $F_i = (S/M - 1)100/\text{SEln}$  计算的与养分  $X$  有关的比值函数值( $F_v$ ), 式中,  $S$  代表实际测定的样品中任何 2 个养分质量浓度之比,  $M$  代表完全营养液处理中任何 2 个养分质量浓度比的参比值,  $\text{SEln}$  代表对数转换数据库中某一比值的标准差. 通过养分指数的正负来判定养分的丰缺状况和最大限制养分以及需要补充养分的次序. 养分指数越接近 0, 说明

该养分相对越适宜; 大于 0, 说明该养分相对充足或过剩; 小于 0, 说明该养分相对不足或缺乏.

养分非平衡指数(Nutrient imbalance index, NII) =  $|I_N| + |I_P| + |I_K|$ <sup>[12]</sup>.  $I_N$ 、 $I_P$  和  $I_K$  分别表示养分 N、P、K 的非平衡指数. 养分非平衡指数越大说明养分越不平衡.

采用 DPS 8.01 统计软件<sup>[13]</sup>和 Excel 对相关数据进行了统计分析.

2 结果与分析

2.1 N 缺乏对马铃薯生长指标的影响

缺 N 对马铃薯幼苗茎粗的影响如图 1 所示. 图 1 表明, 缺 N 处理中马铃薯的茎粗比完全营养液对照的细, 但差异不显著( $P > 0.05$ ). 试验结束时, 完全营养液处理中马铃薯植株平均株高为 24.6 cm, 缺 N 处理中马铃薯植株平均株高为 12.1 cm, 两者达到显著差异( $P < 0.05$ ). 说明缺 N 会抑制马铃薯的生长发育.

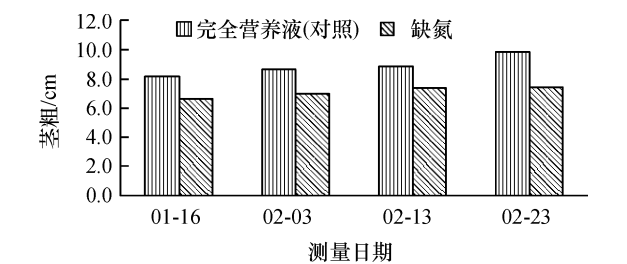


图 1 N 缺乏对马铃薯幼苗茎粗的影响  
Fig. 1 Effects of N deficiency on stem diameter of potato seedling

2.2 N 缺乏对马铃薯各部位大量元素养分的影响

对缺 N 处理和完全营养液处理马铃薯各采样部位中 N、P、K 的含量进行 Duncan's 法检验, 结果如表 1 所示. 缺 N 处理中 N 含量有所下降, 而 P、K 含量增加. 在 0.05 的显著水平下, 各采样部位中 N 含量均无显著差异. 除地下部外, 其他采样部位中 P 含量的差异都达到 0.05 的显著水平. 叶中 K 含量的差异达到 0.05 的显著水平, 其他采样部位中均未达到 0.05 的显著差异. 缺 N 处理叶柄中 N 含量增加, 而 P、K 含量减少了. 地上茎中 N、P、K 的含量变化与叶柄相似.

由表 1 可见, 完全营养液处理中各部位 N 的含量: 叶片 > 叶 > 叶柄 > 块茎 > 地下部 > 地上茎; P 的含量: 叶片 > 块茎 > 叶 > 地下部 > 叶柄 = 地上茎; K 的含量: 叶柄 > 地上茎 > 叶 > 叶片 > 块茎 > 地下部. 缺 N 处理中各部位 N 的含量: 叶片 > 叶 > 块茎 > 地下部 > 叶柄 > 地上茎; P 的含量: 地上茎 > 叶柄 > 叶 >

叶片>块茎>地下部;K 的含量:叶柄>叶>地上茎> 马铃薯各部位间 N、K 含量的差异趋势相同,而 P 的  
块茎>叶片>地下部. 完全营养液处理和缺 N 处理 含量差异较大.

表 1 马铃薯幼苗各部位中大量元素养分含量的比较<sup>1)</sup>  
Tab. 1 Comparison of microelements nutrient content in different parts of potato seedling w/%

| 采样部位 <sup>2)</sup> | 处理    | N             | P             | K              |
|--------------------|-------|---------------|---------------|----------------|
| 叶片                 | 缺 N   | 2.43 ± 0.056a | 0.49 ± 0.045a | 8.32 ± 0.339a  |
|                    | 完全营养液 | 2.89 ± 0.646a | 0.25 ± 0.021b | 8.25 ± 1.021a  |
| 叶柄                 | 缺 N   | 1.12 ± 0.110a | 0.67 ± 0.107a | 33.27 ± 3.130a |
|                    | 完全营养液 | 2.16 ± 0.238a | 0.09 ± 0.020a | 15.44 ± 0.966a |
| 叶                  | 缺 N   | 1.93 ± 0.069a | 0.54 ± 0.015a | 18.16 ± 1.793a |
|                    | 完全营养液 | 2.70 ± 0.475a | 0.18 ± 0.015b | 9.66 ± 0.677b  |
| 地上茎                | 缺 N   | 0.30 ± 0.006a | 0.70 ± 0.041a | 13.57 ± 0.072a |
|                    | 完全营养液 | 0.73 ± 0.149a | 0.09 ± 0.016a | 9.70 ± 1.089a  |
| 地下部                | 缺 N   | 1.20 ± 0.379a | 0.13 ± 0.058a | 6.69 ± 5.608a  |
|                    | 完全营养液 | 1.18 ± 0.116a | 0.14 ± 0.019a | 5.57 ± 2.316a  |
| 块茎                 | 缺 N   | 1.59 ± 0.347a | 0.37 ± 0.048a | 8.37 ± 0.809a  |
|                    | 完全营养液 | 1.78 ± 0.073a | 0.22 ± 0.022b | 7.38 ± 0.422a  |

1) 表中数据为 3 次重复的平均值±标准误;相同采样部位同列 2 个数据后凡有一个相同小写字母者,表示缺 N 处理与完全营养液处理差异不显著( $P>0.05$ , Duncan's 法). 2) 全叶包括叶片和叶柄;地下部是指除块茎外,马铃薯植株地下的全部,包括地下茎和根.

2.3 M-DRIS 的诊断结果

根据对照处理(完全营养液)的主要矿质养分含量,利用公式(1)计算了叶片、叶柄、叶、地上茎、地下部和块茎中 N、P、K 的养分指数( $I_N$ 、 $I_P$ 、 $I_K$ ). 表 2 是利用 M-DRIS 对试验马铃薯营养丰缺状况的诊断结果. 除了地下部和叶柄外,其他采样部位中 N 的养分指数均比范围值下限低,处于缺乏状态. P 指数偏高,说明 P 相对于 N、K 偏高,特别是叶和地上茎中的 P. 叶柄、叶和地上茎中的 K 稍相对偏高,叶片、地下部、

块茎中 K 相对适宜.

不同部位  $I_{II}$ :地上茎(925.9)>叶(243.8)>块茎(94.6)>叶片(89.2)>叶柄(69.1)>地下部(15.6),地上茎中养分最不平衡,地下部较适宜. 说明养分在植株内的分布也是不均匀的. M-DRIS 受到采样部位的影响. 就 N、P、K 3 种元素而言,P 养分指数偏离适宜范围值最远,K 次之. K 指数除叶片外都为正值. N 除地下部和叶柄外,都低于适宜范围值,相对缺乏.

表 2 利用 M-DRIS 诊断缺 N 处理马铃薯幼苗营养状况的结果<sup>1)</sup>  
Tab. 2 Results of potato seedling nutritional status of N deficiency treatment by M-DRIS

| 部位  | N      |       |                    | P      |       |                    | K      |      |                    |
|-----|--------|-------|--------------------|--------|-------|--------------------|--------|------|--------------------|
|     | 范围值(±) | $I$   | 诊断结果 <sup>1)</sup> | 范围值(±) | $I$   | 诊断结果 <sup>1)</sup> | 范围值(±) | $I$  | 诊断结果 <sup>1)</sup> |
| 叶片  | 10.2   | -18.8 | -                  | 8.7    | 62.2  | +                  | 10.3   | -7.8 | *                  |
| 叶柄  | 10.0   | -9.2  | *                  | 9.5    | 29.6  | +                  | 10.2   | 30.3 | +                  |
| 叶   | 9.7    | -46.6 | -                  | 10.1   | 139.9 | +                  | 10.2   | 57.3 | +                  |
| 地上茎 | 10.2   | -59.9 | -                  | 10.1   | 826.4 | +                  | 9.7    | 39.6 | +                  |
| 地下部 | 11.4   | 7.1   | *                  | 9.4    | -2.9  | *                  | 8.3    | 5.6  | *                  |
| 块茎  | 9.9    | -31.5 | -                  | 10.3   | 56.6  | +                  | 9.8    | 6.5  | *                  |

1) - 表示养分指数低于参比值下限;+ 表示养分指数高于参比值上限;\* 表示养分指数在参比值范围内.

3 讨论与结论

缺 N 处理中,叶中养分较叶片和叶柄更为不平衡,说明叶较叶片和叶柄能更明显地反映养分的丰

缺情况. 本研究中氮胁迫导致马铃薯养分的不平衡吸收,影响植株的生长,与吴开贤等<sup>[14]</sup>和焦峰等<sup>[15]</sup>的研究结果相似.

通过 M-DRIS 可以以数字的形式表征养分的平

衡状况,简洁直观. 本研究利用 M-DRIS, 诊断得出马铃薯幼苗中 N 除地下部外都缺乏, 而缺 N 引起 P、K 的过量吸收. 缺 N 处理马铃薯幼苗的需肥顺序是:  $N > K > P$ . 这一结果与张宝林等<sup>[16]</sup>和张西露等<sup>[17]</sup>的研究结果相似. 不同的采样部位, 养分指数有所差异, 这是需要进一步深入研究的. 有研究<sup>[18]</sup>表明在苗期马铃薯植株体内 N 元素积累缓慢, 叶片中的分配率最高, 块茎形成后, N 元素在块茎中的分配率呈上升趋势, 故关于采样时期的影响也是值得进一步研究的. 在沙培中, 马铃薯营养状况通过 M-DRIS 能较好地反映, 而在田间受到更多因素的影响, M-DRIS 是否需要根据实际进行调整, 有待研究.

参考文献:

[1] 陈杨, 樊明寿, 康文钦, 等. 内蒙古阴山丘陵地区马铃薯施肥现状与评价[J]. 中国土壤与肥料, 2012 (2): 104-108.

[2] 谷茂, 丰秀珍. 马铃薯栽培种的起源与进化[J]. 西北农业学报, 2000, 9(1): 114-117.

[3] 王永锋, 栾雨时. 马铃薯转基因研究进展[J]. 中国马铃薯, 2004, 18(4): 227-231.

[4] 陈伊犁, 屈冬玉. 马铃薯产业与水资源高效利用[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2012: 3-10.

[5] 姜远茂, 顾曼如, 彭福田. DRIS、M-DRIS 和 DOP 法在果树上的应用[J]. 山东农业大学学报, 1995, 26(4): 531-534.

[6] HALLMARK W B, SHUMAN L M, WILSON D O, et al. Preliminary M-DRIS norms for soybean seeds[J]. Commun Soil Sci Plant Anal, 1992, 23(17/20): 2399-2413.

[7] HALLMARK W B, BEVERLY R B, MORRIS JR H F, et al. Modification of the M-DRIS for soybean[J]. Commun

Soil Sci Plant Anal, 1994, 25(7/8): 1085-1101.

[8] 谢世恭, 谢永红, 曾亚妮, 等. 充足范围法和修正诊断施肥综合法在荔枝营养诊断中的比较[J]. 华南农业大学学报, 2006, 27(3): 12-15.

[9] 韦冬萍, 韦剑锋, 熊建文, 等. 马铃薯氮素营养研究进展[J]. 广东农业科学, 2011, 38(22): 56-61.

[10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 257-282.

[11] HALLMARK W B, BEVERLY R B, MORRIS E, et al. Continued modification of the M-DRIS for soybean[J]. Commun Soil Sci Plant Anal, 1990, 21(13/16): 1313-1328.

[12] 谢世恭, 谢永红, 曾亚妮, 等. 诊断施肥综合法在果树营养诊断上的应用研究进展[J]. 福建果树, 2005, 132(1): 35-37.

[13] 唐启义, 冯明光. DPS 数据处理系统软件[M]. 北京: 科学出版社, 2007.

[14] 吴开贤, 安瞳昕, 范志伟, 等. 玉米与马铃薯的间作优势和种间关系对氮投入的响应[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(4): 1006-1012.

[15] 焦峰, 王鹏, 翟瑞常. 氮肥形态对马铃薯氮素积累与分配的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2012(2): 39-44.

[16] 张宝林, 高聚林, 刘克礼, 等. 马铃薯氮素的吸收、积累和分配规律[J]. 中国马铃薯, 2003, 17(4): 193-198.

[17] 张西露, 汤小明, 刘明月, 等. NPK 对马铃薯生长发育, 产量和品质的影响及营养动态[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(18): 9466-9469.

[18] 张西露, 刘明月, 伍壮生, 等. 马铃薯对氮、磷、钾的吸收及分配规律研究进展[J]. 中国马铃薯, 2010, 24(4): 237-241.

【责任编辑 霍欢】