

中图分类号: S532; S143.1 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2012)01-0021-05

土壤肥料

湖南冬闲田马铃薯氮吸收分配规律研究

黄科, 刘明月, 何长征, 宋勇, 吴秋云, 熊兴耀*

(作物种质创新与资源利用国家重点实验室培育基地; 湖南农业大学园艺园林学院;
湖南省马铃薯工程技术研究中心, 湖南长沙 410128)

摘要: 试验采用“3414”设计方案, 分析冬闲田马铃薯在不同肥料水平下氮肥吸收分配规律。结果表明: 马铃薯地上部全氮含量在全生育期间其动态变化呈现为苗期低, 块茎形成期高, 而在块茎成熟期缓慢下降的趋势, 且在整个生育期内, 氮素浓度的变化表现为地上部 > 块茎; 块茎中氮的含量均在块茎形成期最高, 块茎成熟期下降。

关键词: 冬闲田; 马铃薯; 氮磷钾; 吸收; 分配

Characterization of Nitrogen Absorption and Distribution in Potato Planted in Winter Fallow Fields in Hunan Province

HUANG Ke, LIU Mingyue, HE Changzheng, SONG Yong, WU Qiuyun, XIONG Xingyao*

(Hunan Provincial Key Laboratory for Germplasm Innovation and Utilization of Crop; College of Horticulture and Landscape, Hunan Agricultural University; Hunan Provincial Engineering Research Center for Potato, Changsha, Hunan 410128, China)

Abstract: Potato fertilizer absorption and distribution dynamic at different fertilizer levels were analyzed in '3414' design, and the nitrogen absorption characters at different growth periods in potato were made clearly. The total nitrogen content of above-ground part during the growth period was low at the seedling stage, high at the tuber formation stage, and declined slowly at the tuber maturity stage. The nitrogen content concentration of the above-ground part changed more than those of potato tubers and the contents of nitrogen in potato tubers were the highest at the tuber formation stage and then declined at the tuber maturity stage.

Key Words: winter fallow field; potato; NPK; absorption; distribution

氮被认为是马铃薯生产的重要限制养分元素^[1-2]。氮供应不足会导致马铃薯生长受阻, 供应过多则导致地上部和地下部比例失调, 从而影响到其它养分和水分的吸收, 并且后期氮供应过多影响到马铃薯块茎的形成, 实践证明, 氮肥施用过多比氮肥不足更难控制^[3]。马铃薯对氮的需要除了与氮供应有关外, 还与马铃薯对氮肥的利用效率有关^[4], 氮肥利用效率高可以促进作物有效地利用土壤中的氮, 提高作物光合作用等碳循环能力, 而氮肥利用效率低则造成作物光合碳循环能力下降, 影响产量形成, 同时残留的氮也会造成环境污染。一般而言马铃薯仅能吸

收施用氮肥的 50%。南方冬作马铃薯主要是开展冬闲田生产, 生产季节适逢前期低温, 后期多雨的气候, 所以多采用 12 月底播种, 2 月初发芽生长的模式, 而这种生产方式由于受马铃薯吸收氮素特点(多在发芽后 20~60 d 开始大量吸收氮素)的影响, 并且整个马铃薯生长季节光照弱, 造成氮肥大量流失, 利用效率更为低下。所以生产上必须解决马铃薯氮肥施用量、施用时间和高氮肥利用率马铃薯品种筛选的问题, 以最大限度地提高马铃薯氮肥利用效率, 降低马铃薯生产过程中氮的流失, 减少对土壤和水的污染, 建立起“低碳”的马铃薯生产模式。

收稿日期: 2011-04-11

基金项目: 农业部马铃薯产业技术体系(CARS-10-P19); 湖南省自然科学基金项目(11JJ3035); 湖南省教育厅项目(11B063)。

作者简介: 黄科(1974-), 男, 博士, 副教授, 主要从事蔬菜栽培生理及调控研究。

* 通信作者(Corresponding author): 熊兴耀, 教授, 主要从事马铃薯栽培生理研究, E-mail: xiongxingyao@126.com。

本研究采用农业部“3414”施肥方案设计，对不同氮磷钾供应水平下马铃薯氮的吸收分配规律进行研究，以期明确马铃薯氮肥供应与分配之间的动态规律，为进一步开展南方冬闲田马铃薯氮肥合理施用提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试肥料与品种

供试肥料：氮肥(尿素，含 N 46%)；磷肥(钙镁磷肥，含 P₂O₅ 12%)；钾肥(硫酸钾，含 K₂O 50%)。

供试品种：早熟马铃薯品种费乌瑞它。

1.2 试验地点与时间

试验地点：中国农业科学院土壤肥料研究所祁阳红壤试验站；农业部马铃薯产业技术体系常德试验站试验基地；湖南农业大学教学基地。前作均为水稻。

试验时间：2010 年 1 月 8 日~5 月 15 日。

1.3 试验设计

试验采用“3414”方案设计，各肥料因子水平见表 1，0 水平指不施肥，2 水平指当地最佳施肥量，1 水平 = 2 水平 × 0.5，3 水平 = 2 水平 × 1.5 (该水平为过量施肥水平)。本试验设计的 2 水平为：氮(N) 12 kg / 667 m²、磷(P₂O₅) 6 kg / 667 m²、钾(K₂O) 26 kg / 667 m²(表 2)。试验设 3 次重复。顺序排列，小区面积为 30 m²(1.2 m × 25 m)。试验区四周设保护行，采用大垄双行地膜覆盖种植，垄宽 80 cm，垄高 25 cm，垄沟宽 40 cm。

表 1 肥料各水平用量(kg / 667 m²)

Table 1 Fertilizer application level

水平 Level	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
0	0	0	0
1	6	3	13
2	12	6	26
3	18	9	39

播种方法：沿垄两边植入种薯，入土深度 10 cm 以上。播种后垄面与垄沟均喷芽前除草剂(金都尔)一遍，然后覆盖幅宽 120 cm 的地膜。种薯出苗时，采用人工破膜让秧苗长出地面。其它栽培管理措施同大田。

1.4 测定项目

每小区随机取 5 株，分别测定各处理在苗期、

块茎形成期、块茎成熟期马铃薯地上部(叶、茎)和地下部(块茎、根)氮含量，植株全氮测定采用定氮仪法^[5]。氮肥利用率采用差减法计算：

$$\text{氮肥利用率}(\%) = [(\text{施氮区作物吸氮量} - \text{不施氮区作物吸氮量}) / \text{施氮量}] \times 100\%$$

表 2 各处理施肥量实施方案(kg / 667 m²)

Table 2 Fertilization implementation of different treatments

序号 Number	处理 Treatment	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0
2	N ₀ P ₂ K ₂	0	6	26
3	N ₁ P ₂ K ₂	6	6	26
4	N ₂ P ₀ K ₂	12	0	26
5	N ₂ P ₁ K ₂	12	3	26
6	N ₂ P ₂ K ₂	12	6	26
7	N ₂ P ₃ K ₂	12	9	26
8	N ₂ P ₂ K ₀	12	6	0
9	N ₂ P ₂ K ₁	12	6	13
10	N ₂ P ₂ K ₃	12	6	39
11	N ₃ P ₂ K ₃	18	6	26
12	N ₁ P ₁ K ₂	6	3	26
13	N ₁ P ₂ K ₁	6	6	13
14	N ₂ P ₁ K ₁	12	3	13

1.5 统计分析方法

采用 Microsoft Excel 和 DPS 数据处理系统进行多元回归分析^[6]。

2 结果与分析

2.1 不同 N、P、K 配比对马铃薯植株氮含量的影响

在马铃薯苗期(3 月 30 日)、马铃薯块茎形成期(4 月 25 日)和马铃薯块茎成熟期(5 月 15 日)，分别取马铃薯地上部(叶、茎)和地下部(块茎)样品，烘干，测其植株中氮含量，每小区随机抽取 5 株进行测量，取平均值，测定结果见表 3。将表 3 中所测定的数据进行分析，探寻马铃薯植株不同生育期地上部与地下部氮含量的变化规律。

2.1.1 马铃薯植株地上部全氮含量的变化

从图 1 可知，不同处理间马铃薯地上部全氮含量在全生育期间其动态变化呈现为苗期低，块茎形成期高，而在块茎成熟期缓慢下降的趋势。在块茎形成期地上部中氮素含量以处理 11 最高，为 5.12%，而在块茎成熟期下降为 3.69%，说明在块茎成熟期

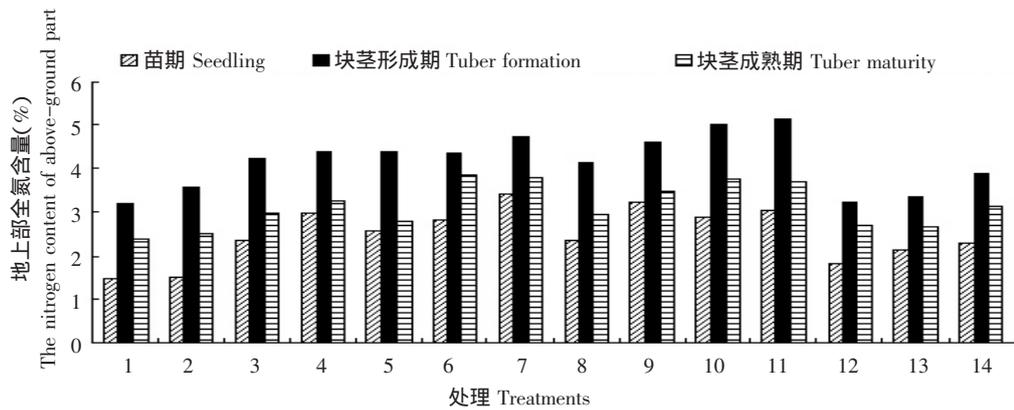


图1 不同发育时期各处理地上部全氮含量

Figure 1 Nitrogen content of above-ground part at different growth stages

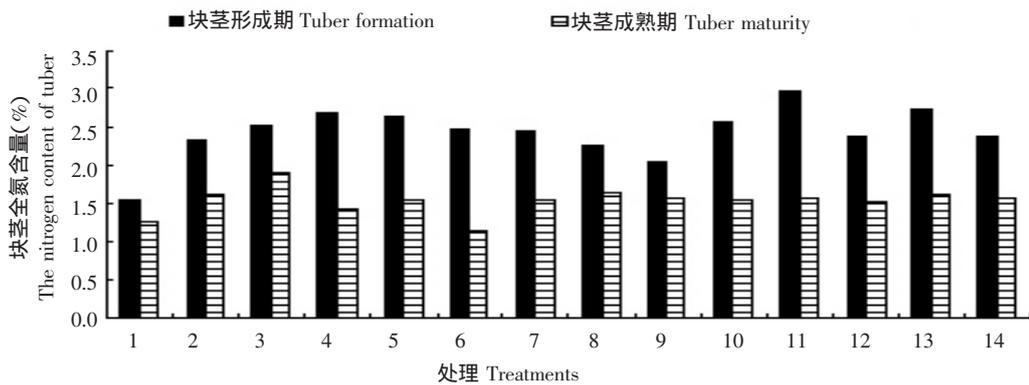


图2 不同处理在不同生育时期块茎全氮含量

Figure 2 Nitrogen content of tubers with different treatments at different growth stages

叶片中的氮素大部分转运到地下部供块茎的生长。处理 11 中植株体内养分含量的变化并没有造成块茎产量的显著变化, 说明过量的氮肥只能造成植株对养分的奢侈吸收。

2.1.2 马铃薯块茎全氮含量

从图 2 可知, 马铃薯块茎中氮的含量呈现块茎形成期 > 块茎成熟期。在块茎形成后, 由于地上、地下部块茎的旺盛生长需要有充足的养分供应, 此期植株生长势较强, 因此氮素的吸收也较多, 到块茎成熟后, 随着叶片的衰老, 脱落, 块茎氮素浓度会下降。

2.2 不同处理对马铃薯地上部与地下部养分吸收与转运的影响

2.2.1 不同 N、P、K 施肥量对马铃薯地上部与地下部养分累积的影响

不同的处理之间, 各个部位在不同生育期的养分累积量差异明显(表 3), 自块茎形成期开始, 马铃薯地上部的氮素累积量明显低于地下部, 说明在

马铃薯生长后期, 地上部氮素快速向地下部转运, 从而有利于促进马铃薯块茎有机物质的积累。其中, 以处理 10 的地上部与地下部氮养分累积量最高, 与其他处理相比优势明显, 其次是处理 11。

处理 10、11 地上部氮素累积量与其他施氮处理的平均累积量相比, 苗期分别提高了 114.6% 和 70.74%, 块茎形成期分别提高了 108.52% 和 61.6%, 说明在作物生长前期处理 10、11 明显促进了马铃薯对土壤氮素的吸收和地上部氮素累积。马铃薯生长后期地下部块茎氮素累积量也以处理 10 最大, 在块茎形成期和块茎成熟期分别比其他施氮处理的平均值提高了 108.69% 和 45.56%。

2.2.2 不同 N、P、K 施肥量对马铃薯地上部与地下部养分变化的影响

各施肥处理的马铃薯地上部与地下部氮素养分变化量如表 4。在马铃薯块茎形成期, 地上部氮素变化量以处理 10、11、3、9 较大, 说明在马铃薯生长的块茎形成期有利于促进马铃薯对氮的吸收, 增

加地上部氮的积累。

块茎成熟期地上部氮素变化量多数呈下降趋势, 且以处理 10、9、3 降低的幅度最大。块茎成熟期马铃薯地下部氮素累积量均有增加, 且以处理 7、8、

10、11、14 增加较明显。因此, 在马铃薯生长后期, 地上部氮素快速向地下部转运, 并且以上各处理在该时期地上部养分分解并快速向地下部转运, 从而有利于促进马铃薯块茎淀粉等糖类物质的合成。

表 3 不同施肥处理对不同生育期马铃薯地上部与地下部氮累积量的影响 (g / 株)

Table 3 Effect of different fertilization treatments on nitrogen accumulation in under-ground and above-ground part of potato at different growth stages (g / Plant)

序号 Number	处理 Treatment	苗期 3 月 30 日 Seedling stage Mar. 30		块茎形成期 4 月 25 日 Tuber formation stage Apr. 25		块茎成熟期 5 月 15 日 Tuber maturation stage May 15	
		地上部 Above-ground	地上部 Above-ground	块茎 Tuber	地上部 Above-ground	地上部 Above-ground	块茎 Tuber
1	N ₀ P ₀ K ₀	0.04	0.19	0.23	0.15	0.44	
2	N ₀ P ₂ K ₂	0.04	0.19	0.30	0.19	0.58	
3	N ₁ P ₂ K ₂	0.08	0.57	0.50	0.34	0.90	
4	N ₂ P ₀ K ₂	0.09	0.24	0.33	0.38	0.72	
5	N ₂ P ₁ K ₂	0.11	0.39	0.56	0.34	0.86	
6	N ₂ P ₂ K ₂	0.10	0.48	0.25	0.51	0.62	
7	N ₂ P ₃ K ₂	0.14	0.40	0.41	0.78	1.11	
8	N ₂ P ₂ K ₀	0.09	0.38	0.20	0.36	1.45	
9	N ₂ P ₂ K ₁	0.11	0.55	0.41	0.37	0.63	
10	N ₂ P ₂ K ₃	0.18	0.83	0.87	0.53	1.31	
11	N ₃ P ₂ K ₃	0.13	0.64	0.54	0.59	1.16	
12	N ₁ P ₁ K ₂	0.09	0.37	0.48	0.32	0.90	
13	N ₁ P ₂ K ₁	0.11	0.32	0.48	0.26	0.66	
14	N ₂ P ₁ K ₁	0.07	0.30	0.41	0.38	0.91	

表 4 不同施肥处理对不同生育期马铃薯地上部和地下部氮变化量的影响(g / 株)

Table 4 Effect of different fertilization treatments on nitrogen change in under-ground potato at different growth stages (g / Plant)

序号 Number	处理 Treatment	地上部养分变化量 Nutrient variation of above-ground		地下部养分变化量 Nutrient variation of tuber
		块茎形成期 Tuber formation stage	块茎成熟期 Tuber maturation stage	块茎成熟期 Tuber maturation stage
1	N ₀ P ₀ K ₀	0.15	-0.04	0.21
2	N ₀ P ₂ K ₂	0.15	0.00	0.28
3	N ₁ P ₂ K ₂	0.50	-0.23	0.40
4	N ₂ P ₀ K ₂	0.16	0.14	0.39
5	N ₂ P ₁ K ₂	0.28	-0.05	0.30
6	N ₂ P ₂ K ₂	0.38	0.03	0.38
7	N ₂ P ₃ K ₂	0.26	0.38	0.70
8	N ₂ P ₂ K ₀	0.29	-0.01	1.25
9	N ₂ P ₂ K ₁	0.44	-0.18	0.22
10	N ₂ P ₂ K ₃	0.65	-0.30	0.44
11	N ₃ P ₂ K ₃	0.52	-0.05	0.62
12	N ₁ P ₁ K ₂	0.28	-0.05	0.42
13	N ₁ P ₂ K ₁	0.20	-0.05	0.17
14	N ₂ P ₁ K ₁	0.23	0.09	0.50

2.2.3 不同 N、P、K 施肥量对马铃薯肥料利用率影响

不同 N、P、K 施肥量明显影响马铃薯肥料利用率(表 5)。除处理 13 外, 低氮处理(3 和 12)的肥料利用率均达 59% 以上, 高氮的 9 个处理的肥料利用率除处理 7(60.40%)、处理 8(57.23%) 外, 其他处理的氮肥利用率均在 40% 以下。综合以上结果表明, 氮肥施用量对肥料利用率的影响最大, 因此, N、P、K 养分的合理配合施用可提高肥料利用率, 促进马铃薯块茎中淀粉等糖类物质的合成, 从而增加产量。

表 5 不同施肥处理对马铃薯地上和地下部氮累积总量及肥料利用率的影响

Table 5 Effect of different fertilization treatments on potato nitrogen accumulation and fertilizer utilization

序号 Number	处理 Treatment	N 素累积总量(g / plant) Accumulation of nitrogen	N 肥料利用率(%) Nitrogen utilization ratio
1	N ₀ P ₀ K ₀	0.58	
2	N ₀ P ₂ K ₂	0.77	
3	N ₁ P ₂ K ₂	1.24	61.08
4	N ₂ P ₀ K ₂	1.10	24.21
5	N ₂ P ₁ K ₂	1.20	28.60
6	N ₂ P ₂ K ₂	1.13	25.60
7	N ₂ P ₃ K ₂	1.88	60.40
8	N ₂ P ₂ K ₀	1.82	57.23
9	N ₂ P ₂ K ₁	1.00	19.63
10	N ₂ P ₂ K ₃	1.84	33.19
11	N ₃ P ₂ K ₃	1.76	36.37
12	N ₁ P ₁ K ₂	1.22	59.45
13	N ₁ P ₂ K ₁	0.92	31.59
14	N ₂ P ₁ K ₁	1.30	33.13

3 讨论

不同处理间马铃薯地上部全氮含量在全生育期间其动态变化呈现为苗期低, 块茎形成期高, 而在块茎成熟期缓慢下降的趋势, 说明马铃薯对氮的吸收与块茎的增长密切相关, 且氮素浓度的变化始终表现为地上部>块茎; 块茎中氮含量在块茎形成期最高, 而在块茎成熟期降低^[1-2]。该结果与郑顺林等^[7]、张宝林等^[8]关于马铃薯生育期间各器官氮素浓度的变化始终表现为叶片>茎>块茎的规律一致。马铃薯苗期由于地上部生长较慢, 对氮的吸收较少, 此期氮素浓度较低, 但块茎形成期后, 由于地上部的旺

盛生长需要有充足的养分供应, 因此氮素吸收较多, 达到最高值, 在块茎成熟期后又逐渐降低。植株体内的氮素浓度的高低反映了植株生长势的强弱, 张宝林等^[8]的试验也认为, 氮素浓度在马铃薯地上部与地下部的变化趋势呈现由高到低的变化, 且始终表现为地上部分>块茎, 且在块茎成熟期之前, 地上部与地下部块茎氮素浓度均较高。

马铃薯植株在不同生育期随着马铃薯的不断生长, 植物地上部和地下部养分累积量不断增加, 并且自块茎形成期开始, 由于地上部氮素快速向地下部转运, 促进了马铃薯块茎有机物质的积累, 使后期地上部的氮素累积量明显低于地下部。马铃薯氮肥施用量对肥料利用率的影响最大, 适宜的氮肥施用量有利于促进马铃薯对磷、钾养分的吸收, 合理的氮磷钾配比施用有利于提高肥料利用率, 促进马铃薯块茎中淀粉等糖类物质的合成, 从而增产^[9-10]。

马铃薯地上部全氮含量在全生育期间其动态变化呈现为苗期低, 块茎形成期高, 而在块茎成熟期缓慢下降的趋势, 且在整个生育期内, 氮素浓度的变化表现为地上部>块茎; 块茎中氮含量均在块茎形成期最高。

[参 考 文 献]

- [1] Errebhi M, Rosen CJ, Lauer FI, et al. Evaluation of tuber-bearing *Solanum* species for nitrogen use efficiency and biomass partitioning [J]. American Journal of Potato Research, 1999, 76:143-151.
- [2] Biemond H, Vos J. Effects of nitrogen on the development and growth of the potato plant. 2. the partitioning of dry matter, nitrogen and nitrate [J]. Annals of Botany, 1992, 70:37-45.
- [3] Krauss A. Interaction of nitrogen nutrition, phytohormones and tuberization [M]. London: Potato Physiology Academic Press, 1985: 209-231.
- [4] Hopkins, B G, Rosen C J, Shiffler A k, et al. Enhanced efficiency fertilizers for improved nutrient management: potato (*Solanum tuberosum*) [EB/OL]. (2008-03-17) [2011-12-25]. <http://www.plant-managementnetwork.org/pub/cm/symposium/enhancedpotato/>.
- [5] 张永成, 田丰. 马铃薯试验研究方法[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007.
- [6] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [7] 郑顺林, 袁继超, 马均, 等. 春、秋马铃薯氮肥运筹的对比研究[J]. 西南农业学报, 2009(3): 702-706
- [8] 张宝林, 高聚林, 刘克礼. 马铃薯群体光合系统参数的研究[J]. 中国马铃薯, 2003, 17(3): 146-151.
- [9] 段玉, 妥德宝, 赵沛义, 等. 马铃薯施肥肥效及养分利用率的研究[J]. 中国马铃薯, 2008, 22(4): 197-200.
- [10] 李华宪, 辛小慧, 张生钰, 等. 施氮对马铃薯产量及效益的影响[J]. 甘肃农业科技, 2009(2): 31-32.