



## 冬季马铃薯氮磷钾施肥效应及其适宜用量研究

章明清 林琼 颜明娟 李娟 陈子聪

(福建省农业科学院土壤肥料研究所, 福州, 350013)

**摘要:** 通过田间试验研究冬季马铃薯氮磷钾施肥效应和适宜用量。结果表明, 施用氮磷钾平均分别增产63.1%、12.0%和30.9%, 增产效果是 $N > K > P$ ; 不同土壤肥力等级的氮磷钾肥增产幅度与土壤速效养分含量呈负相关关系; 氮磷钾推荐施用量平均分别为 $N_{16.7}$ 公斤/亩、 $P_2O_5_{7.2}$ 公斤/亩和 $K_2O_{19.2}$ 公斤/亩, 比例为1:0.43:1.15。但不同土壤肥力等级的适宜用量有一定差异, 与土壤速效养分水平有关。

**关键词:** 马铃薯; 土壤; 氮磷钾; 施肥效应; 适宜用量

马铃薯既是粮食作物, 又是蔬菜作物或休闲食品。近年来, 随着人民生活水平的提高, 这种营养价值高的食品越来越受人们的青睐, 市场潜力很大。2006年, 福建种植冬季马铃薯面积已达7.97万公顷, 但平均鲜重产量只有17.2吨/公顷, 远不及荷兰、英国、美国、法国等国家的水平, 品质也不高。因此, 在种植面积不断增加的情况下如何提高马铃薯的产量具有重要的意义。合理施肥是提高马铃薯产量和商品率的重要生产技术措施。为此, 近年来结合测土配方施肥技术, 在闽东南马铃薯主产区设置了多点氮磷钾肥料效应和适宜量田间试验, 这些试验结果反映了试验区域内不同土壤肥力水平下的施肥效应。对多年多点田间肥料试验结果进行科学汇总, 可为区域施肥决策提供依据<sup>[1-3]</sup>。本文对福建马铃薯在不同肥力水平和土壤类型的氮磷钾施肥效应、适宜用量进行探讨, 以为马铃薯测土配方施肥技术提供依据。

### 1 材料与方法

试验设计主要采用opt.设计和“3414”设计2种。opt.设计共有5个处理, 即(1)不施肥; (2)平衡施肥( $NPK$ ); (3)不施氮肥( $PK$ ); (4)不施磷肥( $NK$ ); (5)不施钾肥( $NP$ )。3次重复, 随机区组排列, 小区面积20平方米。推荐施肥量分别为 $N_{15}$ 、 $P_2O_5_6$ 、 $K_2O_{18}$ 公斤/亩。“3414”试验设计为氮磷钾各4个水平, 14个处理, 即(1) $N_0P_0K_0$ ; (2) $N_0P_2K_2$ ; (3) $N_1P_2K_2$ ; (4) $N_2P_2K_2$ ; (5) $N_2P_1K_2$ ; (6) $N_2P_2K_2$ ; (7) $N_2P_3K_2$ ; (8) $N_2P_2K_0$ ; (9) $N_2P_2K_1$ ; (10) $N_2P_2K_3$ ; (11) $N_3P_2K_2$ ; (12) $N_1P_1K_2$ ; (13) $N_1P_2K_1$ ; (14) $N_2P_1K_1$ 。其中, “2”水平的推荐施肥量如上所述, 但可根据试验地土壤肥力状况和产量水平进行适当调整, 其它处理按比例增减。“0”水平表示不施肥, “1”水平的用量为“2”水平的50%, “3”水平的用量为“2”水平的150%。试验采用多点分散不设重复的试验方法, 区组排列, 小区面积25平方米。部分试验点采用“3414”部分实施方案, 即由处理(1)、(2)、(4)、(6)和(8)组成5个处理, 3次重复。同安区的一个试验采用氮钾二因素 $3 \times 3$ 设计方案, 在施用 $P_2O_5_4$ 公斤/亩的基础上, 氮素( $N$ )3水平分别是0、12、16公斤/亩, 钾素( $K_2O$ )3水平分别是0、12、20公斤/亩, 其余试验方法与opt.试验相同。

肥料分别选用尿素、过磷酸钙和氯化钾。磷肥全部做基肥施用, 氮钾肥按基肥、追肥各占50%施用, 其中追肥分壮苗肥(占追肥60%)和现蕾肥(占追肥40%)。基肥在犁畦时挖条沟将所有的肥料混合均匀施于畦中下部, 然后整畦; 壮苗肥在出苗率达60-70%时结合中耕除草将所施的肥料兑水浇施; 现

薯肥在现蕾初花期结合中耕除草采用行间条沟施后培土。11 月中旬薯块播种，翌年 3 月下旬收获，全生育期约 130 天。供试甘薯品种选用当地大面积种植的良种。其他管理措施与大田相同。试验收获时，每个小区单收单称，记录鲜薯重量。

试验地选择在福建马铃薯主产区的长乐市、南安市、厦门同安区和龙海市的稻田土壤和旱地土壤。田间试验在实施前，各取一个混合基础土样，按常规方法<sup>[5]</sup>测定供试土壤速效氮磷钾含量。在 15 个试验中，供试土壤有机质含量为 0.41 ~ 3.27%，pH 为 5.0 ~ 7.1；碱解氮、有效磷和速效钾的变化幅度分别为 4.4 ~ 15.0 毫克 / 公斤、9.8 ~ 50.4 毫克 / 公斤和 3.6 ~ 14.6 毫克 / 公斤。

## 2 结果与分析

### 2.1 氮磷钾施肥效应

2.1.1 不同土壤肥力水平的增产效果 根据近年来完成的 15 个田间试验，结果表明，无肥区的平均产量为 909.9 公斤 / 亩，只有氮磷钾平衡施肥区产量的 50.8%，说明施肥对马铃薯具有显著的增产作用；氮、磷、钾肥平均分别增产 63.1%、12.0% 和 30.9%，增产效果是 N > K > P。与水稻的增产效果一致<sup>[5]</sup>。

按无肥区产量结果，将土壤肥力分为高、中、低 3 个等级，即无肥区产量高于 1000 公斤 / 亩为高肥力水平，相应的基础土壤碱解氮、有效磷和速效钾含量平均分别为 94.1、22.0、64.0 毫克 / 公斤；在 500 ~ 1000 公斤 / 亩为中等肥力水平，基础土壤碱解氮、有效磷和速效钾含量平均分别为 89.6、30.9、84.4 毫克 / 公斤；产量低于 500 公斤 / 亩则为低肥力水平，相应的基础土壤碱解氮、有效磷和速效钾含量平均分别为 80.0、29.5、92.5 毫克 / 公斤。表 1 的统计结果表明，不同土壤肥力等级的氮磷钾肥平均增产效果有明显差异，与土壤速效氮磷钾平均含量有关，例如，低肥力等级土壤碱解氮含量最低，氮肥增产效果最高，但土壤有效磷和速效钾含量较高，磷钾肥的增产幅度较低。因此，氮肥优先用于低肥力土壤，磷钾肥优先用于中高肥力土壤，可发挥最大的增产作用。

表 1 不同土壤肥力水平的氮磷钾增产效果

无肥区产量 (公斤 / 亩)	试验 数	N - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - K <sub>2</sub> O (公斤 / 亩)	产量 (公斤 / 亩)					增产效果 (%)		
			N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	N	P	K
> 1000	7	15.4-6.0-18.1	1283.7	2081.7	1446.9	1819.3	1534.3	43.9	14.4	35.6
500 ~ 1000	5	15.0-6.0-20.0	777.9	1643.4	1002.7	1467.3	1237.9	63.9	12.0	32.8
< 500	3	15.7-7.9-18.1	257.8	1365.2	446.7	1308.9	1200.6	20.5	4.3	13.7
平均	15	15.4-6.5-18.7	909.9	1792.3	1098.8	1599.9	1368.7	63.1	12.0	30.9

2.1.2 不同土壤类型的增产效果 在 15 个试验中，供试土属分别为灰泥田、黄泥田、潮沙田和赤沙土。供试土壤碱解氮、有效磷和速效钾含量，灰泥田平均分别为 103.0、28.3、97.9 毫克 / 公斤，黄泥田平均分别为 89.5、31.9、67.5 毫克 / 公斤，潮沙田平均分别为 133.1、35.0、57.0 毫克 / 公斤，赤沙土则平均分别为 63.0、27.3、53.0 毫克 / 公斤。试验结果表明，赤沙土和黄泥田的碱解氮含量较低，氮肥增产效果较灰泥田和潮沙田的高，分别达到 56.4% 和 83.0%；4 种供试土属的速效钾含量均属于中等偏低，钾肥对马铃薯均有显著增产效果，尤其是赤沙土的速效钾含量较低，钾肥增产效果最高，达到 44.5%。尽管灰泥田、黄泥田和赤沙土的土壤有效磷含量较高，但冬季马铃薯施用磷肥有明显的增

产效果,可能是由于冬春季节气温较低,同时磷素在土壤中的迁移较慢,影响了对作物的有效性,使增施磷肥有显著增产作用。但潮沙田有效磷高,且土壤对磷的吸附固定能力低于其它土壤,因而增产幅度最低。

表 2 不同土壤类型的氮磷钾增产效果

土属	试验数	N - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - K <sub>2</sub> O (公斤/亩)	产量 (公斤/亩)					增产效果 (%)		
			N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	N	P	K
灰泥田	6	13-5.2-16	994.5	1748.0	1145.7	1497.1	1523.9	52.6	16.8	14.7
黄泥田	5	14-6-17.4	801.2	1898.1	1037.3	1750.7	1552.5	83.0	8.4	22.3
潮沙田	2	20-10.4-26.6	955.2	1416.1	907.8	1370.8	1259.7	56.0	3.3	12.4
赤沙土	2	17.5-8-22.5	883.0	2037.2	1302.8	1710.1	1409.9	56.4	19.1	44.5

## 2.2 氮磷钾肥对薯块大小的影响

薯块大小影响马铃薯的商品价值。厦门同安区灰沙田不同氮钾肥用量试验结果(表 3)表明,在基础土壤碱解氮 120.8 毫克/公斤和速效钾 52.0 毫克/公斤的土壤上,氮钾肥不同用量与对照区相比,都有显著水平的增产效果(表 3)。考种结果表明,在氮钾肥试验用量范围内,单株马铃薯的大薯重量随着氮肥或钾肥用量的增加而明显提高,且以处理(6)、(8)和(9)的单株大薯重量最大,分别占总重量的 8.4%、9.0.2% 和 9.1.8%。因此,适宜的氮钾肥用量不仅提高马铃薯产量,而且明显增加大薯所占比重,提高了马铃薯的商品价值。

表 3 氮钾肥不同用量对薯块大小的影响

处理号	施肥量 (公斤/亩)			产量 (公斤/亩)	薯块重量 (公斤/个)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		大薯	中薯	小薯
1	0	4	0	393f	0.048	0.026	0.024
2	0	4	12	579e	0.077	0.042	0.025
3	0	4	20	689d	0.113	0.033	0.021
4	12	4	0	1241c	0.275	0.024	0.008
5	12	4	12	1527b	0.347	0.019	0.012
6	12	4	20	1802a	0.411	0.038	0.016
7	16	4	0	1578b	0.343	0.033	0.017
8	16	4	12	1864a	0.404	0.035	0.009
9	16	4	20	1810a	0.424	0.028	0.010

注:数据后面的不同字母表示差异达 5% 显著水平;根据当地收购标准,单个薯块重量大于 100 克为大薯,50-100 克为中薯,小于 50 克为小薯。

## 2.3 氮磷钾适宜用量

氮磷钾适宜施用量是测土配方施肥技术的核心内容之一。为获得马铃薯氮磷钾最佳施肥量,根据

9 个完全实施方案的田间试验结果,按表 1 的高、中、低土壤肥力等级进行归类统计,每个土壤肥力等级各完成了 3 个田间试验。根据各土壤肥力等级内的试验点,求各相同处理的平均产量,用三元二次多项式回归建模,结果如下:

高肥力等级土壤:  $Y = 1125.6 + 3.446N + 3.265P + 0.979K - 0.00083N^2 - 0.0023P^2 - 0.00022K^2 + 0.00128NP + 0.00014NK + 0.00031PK, R^2 = 0.9284^*$

中肥力等级土壤:  $Y = 785.6 + 3.565N + 5.916P + 2.530K - 0.00098N^2 - 0.00149P^2 - 0.00040K^2 + 0.00042NP + 0.00063NK - 0.00063PK, R^2 = 0.9891^{**}$ ;

低肥力等级土壤:  $Y = 278.4 + 5.579N + 1.186P + 1.307K - 0.00073N^2 - 0.00056P^2 - 0.00011K^2 + 0.00034NP + 0.00003NK + 0.000015PK, R^2 = 0.9236^*$ ;

回归分析表明,3 个回归模型均达到统计显著水平。对各个回归方程进行典型性判别分析<sup>[6]</sup>,表明高、中肥力等级土壤的回归模型为典型式,低肥力等级土壤为极值外推的非典型式。以每公斤 N 4.3 元、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 5 元、K<sub>2</sub>O 4 元和鲜薯 1.0 元市场价计,对典型肥效模型采用边际产量导数法求经济施肥量。对非典型肥效模型则采用产量频率分析法<sup>[7]</sup>,并以处理(6)的试验产量的 0.95 倍为基准,寻找产量大于该处理的各个氮磷钾组合,然后计算这些组合的平均氮磷钾用量,作为推荐用量。结果如表 4。

结果表明,马铃薯氮磷钾的平均推荐施用量为 N 16.7 公斤/亩、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 7.2 公斤/亩和 K<sub>2</sub>O 19.2 公斤/亩,三要素比例为 1:0.43:1.15,预计产量为 1753.6 公斤/亩。但不同肥力等级土壤的最佳施肥量有一定的差异,与不同肥力等级的基础土壤速效养分含量有一定的相关性,如低肥力等级土壤碱解氮含量最低,经济施氮量最高;高肥力等级土壤有效磷和速效钾含量最低,磷钾肥推荐用量最高。因此,氮磷钾平均推荐用量可为马铃薯配方肥生产提供依据,不同土壤肥力等级的最佳用量可起到因土施肥的作用。

表 4 不同土壤肥力等级的氮磷钾推荐用量

土壤肥力等级	经济施肥量 (公斤/亩)			预计产量 (公斤/亩)
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
高	16.1	8.3	19.6	1952.3
中	16.4	6.3	19.4	1924.5
低	17.7	7.1	18.5	1383.9

参考文献:

[1] 王兴仁, 陈伦寿等. 分类回归综合法及其在区域施肥决策中的应用[J]. 土壤通报, 1989, 1: 17-21

[2] 杨守春, 陈伦寿等. 黄淮海平原主要作物优化施肥和土壤培肥研究总论. 黄淮海平原主要作物优化施肥和土壤培肥技术[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1991, 1-26.

[3] Cowell J. D. The derivation of fertilizer recommendations for crop in non-uniform environment: Fertilizer[J]. Crop Quality and Economy. 1974, 936-961.

[4] 全国农业技术推广服务中心编. 测土配方施肥技术规范[M]. 2006.

[5] 鲁如坤主编. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.

[6] 章明清, 林仁勋, 林代炎. 极值判别分析在三元肥效模型推荐施肥中的作用[J]. 福建省农科院学报, 1995, 10(2): 54-59.

[7] 戴树荣. 南安市丘陵旱地甘薯氮磷钾适宜配比的研究[J]. 土壤肥料, 2003, 4: 13-16.