

滴灌施肥技术在马铃薯生产上的应用效果研究

邓兰生¹, 林翠兰², 涂攀峰¹, 龚林¹, 曾娥², 张承林^{1*}

(1. 华南农业大学资源环境学院, 广东 广州 510642; 2. 广东省土壤肥料总站, 广东 广州 510500)

摘要: 在田间试验条件下, 研究了滴灌施肥与传统灌溉施肥对马铃薯生长及产量和品质的影响。试验设 3 个处理: 常规灌溉施肥处理 A, 滴灌施肥处理 B(马铃薯浅植+培土), 滴灌施肥处理 C(马铃薯深植+不培土)。结果表明: 滴灌施肥处理能显著提高马铃薯植株的生物量; 滴灌施肥处理在节约 10% 的生产成本的同时, 显著增加马铃薯块茎产量, 增幅达 37.31%~47.39%, 经济效益显著提高。研究结果对滴灌施肥技术在马铃薯生产上的推广应用具有重要意义。

关键词: 马铃薯; 滴灌施肥; 产量; 品质

马铃薯是我国种植面积分布地域最广的作物之一, 也是广东省主要冬种作物之一。广东省农业厅 2007 年发布的《广东省马铃薯产业现状与发展对策》提出, 到 2010 年, 全省马铃薯种植面积将达 7 万 hm^2 。近年来, 广东马铃薯的种植主要采用水稻——水稻——马铃薯轮作方式进行, 但优质马铃薯种植常受制于种薯来源、土壤质地、水肥综合管理等措施。

滴灌施肥技术(又称水肥一体化技术、灌溉施肥技术、管道施肥技术等)作为现代农业发展的一项综合管理技术措施, 具有显著的节水、节肥、省工、省药, 提高作物产量和改善品质的特点^[1-3]。滴灌施肥技术在以色列、美国、澳大利亚等农业发达的国家和地区已经普遍推广应用, 而在我国的研究和应用相对比较落后。制约滴灌施肥技术在我国推广和应用的主要原因是农民缺乏系统的引导, 无法认识到该技术的优越性。因此, 科学试验和田间推广是推动该先进技术快速发展的有效途径。

研究表明, 水肥配合施用有利于提高马铃薯的水肥利用率, 从而提高马铃薯的产量^[4-6]。然而, 普通农民在种植马铃薯的过程中一般都是将灌水和

施肥分开进行, 导致马铃薯在生长过程中水分和养分的吸收无法同时进行, 严重影响植株的正常生长发育。本研究在马铃薯的栽培过程中对常规灌溉施肥和滴灌施肥进行比较, 探讨了不同灌溉施肥方式对马铃薯的品质、产量、经济效益等指标的影响, 从而为指导马铃薯科学灌溉施肥、发展华南地区冬种马铃薯产业提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2008 年 11 月至 2009 年 2 月在广东省惠东县铁涌镇进行。

供试土壤为水稻土, 前作为水稻。土壤理化性质为: pH 值 5.03、EC $229 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ 、有机质 2.60%、碱解氮 $152 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、有效磷 $22.2 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效钾 $136.2 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、交换钙 $518.5 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、交换镁 $59.9 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

供试材料: 马铃薯品种费乌瑞它。

供试肥料: 尿素(N 含量为 46.20%)、复合肥(N:P₂O₅:K₂O = 15:15:15)、马铃薯专用液体肥 1 号(N:P₂O₅:K₂O = 13:5:20)、马铃薯专用液体肥 2 号(N:P₂O₅:K₂O = 10:20:5)、K₂SO₄(K₂O 含量 53.52%)。

滴灌施肥系统: 组成系统的汽油机、过滤器、滴灌管、PVC 管道及相关配件等均为市售材料。其中首部系统为移动式首部; 滴灌管管径 $\phi 16 \text{mm}$, 滴头间距 30 cm, 滴头流量 $1.38 \text{L}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

收稿日期: 2009-09-23

基金项目: 广东省科技计划项目“马铃薯水肥一体化灌溉施肥技术试验示范”(2008B021000041); 农业部公益行业项目“最佳养分管理技术的研究与应用”(200803030)。

作者简介: 邓兰生(1971-), 男, 讲师, 硕士, 主要从事作物营养与灌溉施肥方面的教学、研究与推广工作。

* 通讯作者: E-mail: clzhang@scau.edu.cn.

1.2 试验设计

试验采用起垄栽培, 垄宽 70 cm, 每垄种植两行马铃薯, 株距 30 cm, 行距 35 cm, 滴灌管置于两行马铃薯中间。

试验设 3 个处理, 各处理依次为:

处理 A(对照): 常规灌溉施肥处理, 即按照当地农民生产习惯, 播种时种薯浅植, 离地表深度约 5 cm, 施过磷酸钙和鸡粪作基肥, 以尿素、复合肥、硫酸钾作追肥, 通过沟灌、浇灌方式进行灌溉, 待马铃薯生长 40 d 左右时培土, 种植面积约 0.1 hm²。

处理 B(滴灌施肥浅植+培土): 不施基肥, 播种时种薯浅植, 离地表深度约 5 cm, 以沟灌方式湿润土壤, 通过滴灌施肥系统追施马铃薯专用液体肥 1、2 号及灌溉; 待马铃薯生长 40 d 左右培土, 种植面积 0.1 hm²。

处理 C(滴灌施肥深植+不培土): 不施基肥, 播种时种薯深植, 离地表深度约 15 cm, 以滴灌方式湿润土壤, 通过滴灌施肥系统追施马铃薯专用液体肥 1、2 号及灌溉, 马铃薯生长过程中不培土, 种植面积约 0.1 hm²。

处理 A 施肥量为大田常规用量, 于马铃薯种薯定植时及种植后的 10、25、40 d 分 4 次施入。处理 B、C 施肥量参照马铃薯的需肥特性设计, 按照生产 1 000 kg 马铃薯需要带走 5 kg N、2 kg P₂O₅、10 kg K₂O 来施用^[7]。假设土壤中可以提供 50% 养分, 则马铃薯目标产量每公顷为 60 t 时的实际施肥量为: 150 kg N、60 kg P₂O₅、300 kg K₂O, 由马铃薯专用液体肥 1、2 号肥提供, 于种植后的第 10 d 开始, 每 10 d 施肥一次, 共 8 次施入。

1.3 测定项目与方法

土壤各项理化指标的测定采用常规方法进行。马铃薯出苗时调查各处理的出苗率, 在马铃薯生长至 100 d 时收获。收获时, 每处理分别设立取样小区, 通过等概率抽样法随机抽取 10 株为 1 次重复, 共 5 次重复。收集各处理叶片、匍匐茎、根系, 洗净、烘干、称干重。对马铃薯块茎进行分级, 计算商品率, 并统计青皮薯的发生情况。同时, 采集马铃薯块茎样品, 测定其干物质、淀粉、还原糖、灰分含量以及氮、磷、钾、钙、镁含量^[8,9]。

试验数据利用 Excel 2003 和 SAS 8.1 软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 不同处理对马铃薯生物量累积的影响

作物生物量的大小反映的是作物营养生长状况的好坏。表 1 表明: 在滴灌施肥条件下, 无论是马铃薯叶片、地上地下茎, 还是整株生物量, 均显著高于常规灌溉施肥处理, 其中单株马铃薯植株生物量增加 35.8%~52.0%。表明与传统灌溉施肥方式相比, 滴灌施肥处理更有利于马铃薯各部分生物量的积累, 提高水肥利用效率。

表 1 马铃薯各部分生物量 (g·株⁻¹)

处理	叶片	茎	根系	总生物量
A(CK)	18.82±0.30c	12.33±0.17c	1.02±0.03b	32.18±0.38c
B	24.80±0.60b	17.69±0.55b	1.22±0.06a	43.71±0.02b
C	26.86±0.34a	20.95±0.28a	1.08±0.03b	48.90±0.55a

注: 表中数据为 5 次重复的平均数±标准误, 每列数据末尾具有相同字母的表示差异不显著(DMRT 法, p=0.05), 下同。

2.2 不同处理对马铃薯块茎养分吸收的影响

表 2 列出的是不同灌溉施肥处理对马铃薯块茎养分吸收的影响。其中, 不同处理下马铃薯对 P、K、Mg 的吸收均表现为差异不显著。而滴灌施肥(深植不培土)处理马铃薯对 N 的吸收量显著高于另外两个处理, 但对 Ca 的吸收则相反。

表 2 马铃薯块茎养分含量 (g·kg⁻¹)

处理	N	P	K	Ca	Mg
A(CK)	159.1±0.34b	197±0.02a	2331±0.31a	0.47±0.03a	0.99±0.02a
B	157.2±0.10b	192±0.03a	2337±0.40a	0.42±0.02a	0.99±0.01a
C	172.3±0.30a	197±0.03a	2337±0.34a	0.24±0.01b	1.02±0.02a

2.3 不同处理对马铃薯块茎产量的影响

马铃薯块茎大小和块茎数是其产量形成的重要指标。从表 3 看, 与传统灌溉施肥方式相比, 无论是滴灌施肥+浅植, 或是滴灌施肥+深植方式, 马铃薯均能获得较大幅度增产, 其增幅分别达到 37.31% 和 47.39%。在对 3 个处理随机调查的 50 株马铃薯中, 传统灌溉施肥处理块茎仅为 159 个, 而滴灌施肥(深植不培土)处理的块茎达到 221 个, 且所增加的数量主要为 ≥100 g 的商品薯, 这是滴灌施肥处理显著增加块茎产量的一个重要原因。

表3 马铃薯块茎产量构成 (50株抽样小区产量)

处理	>150 g		100~150 g		<100 g		公顷产量 (kg)	比对照增产 (%)
	个数	质量(g)	个数	质量(g)	个数	质量(g)		
A(CK)	67	16406	30	3775	62	3284	25131.0	-
B	105	26295	29	3617	46	2308	34507.6	37.31
C	107	24948	49	6211	65	3426	37040.5	47.39

2.4 不同处理对马铃薯块茎品质形成的影响

马铃薯块茎是贮藏器官,也是马铃薯经济产量部分。块茎内各物质成分含量的高低因品种、水肥管理、栽培水平、气候条件而异,直接关系到块茎营养品质、加工品质及经济效益。其中,在马铃薯加工过程中,块茎中的还原糖会与含氮化合物的 α -氨基酸之间发生非酶促褐变的美拉德反应,致使薯条(片)表面颜色加深为不受消费者欢迎的棕褐色^[10]。本试验结果表明:两个滴灌施肥处理马铃薯的块茎干物质含量、还原糖含量均显著低于常规灌溉施肥处理;滴灌施肥(浅植+培土)处理马铃薯淀粉含量显著高于传统灌溉施肥处理,滴灌施肥(深植不培土)处理与常规灌溉施肥处理马铃薯淀粉含量差异不显著(表4)。

表4 马铃薯块茎品质指标 (%)

处理	干物质	淀粉	还原糖	灰分
A(CK)	18.32±0.19a	7394±0.57b	0.31±0.01a	5.23±0.05b
B	17.17±0.17b	7600±0.37a	0.14±0.01c	5.23±0.03b
C	16.63±0.08c	7483±0.62ab	0.23±0.01b	5.50±0.08a

2.5 马铃薯生产的投入产出情况分析

马铃薯经济效益的高低是影响马铃薯产业发展的一个重要因素。表5给出的是试验地冬种马铃薯的种植、生长期及收获时的投入及产出数据。在生产成本中,滴灌施肥处理的投入成本约为常规灌溉施肥成本的90%。其中,人工成本主要来自于马铃薯种植地的土地平整、起垄、播种、灌溉、施

表5 马铃薯生产经济效益分析

处理	公顷产值(元)		公顷生产成本(元)						公顷纯收入 (元)	比对照 增产(%)
	≥100g	<100g	种薯	灌溉设备	肥料	农药	电费	人工		
A(CK)	49709	1759	7500	750	11250	750	1500	9000	20718	-
B	73653	1242	7500	2400	9750	750	405	7200	46890	126.3
C	76759	1834	7500	2400	9750	750	405	6300	51488	148.5

肥、喷洒农药、收获等。在收获产出中,滴灌施肥处理薯块产量为常规灌溉施肥处理的137.3%~147.4%,且增加部分的产量主要为商品薯,而马铃薯收获时商品薯(单薯重≥100g)的收购价格为每千克2.30元,非商品薯价格仅0.50元。

3 讨论

近年来,随着人们生活水平的提高,马铃薯这种营养价值高的食品越来越受到消费者的青睐,市场潜力巨大。然而,在马铃薯种植业不断发展的今天,也存在很多急需解决的问题。以广东冬种马铃薯为例,虽然种植业者信心满怀,对水肥等的管理

也多有认识,但在生产中仍存在诸多问题。首先,在施肥量上普遍存在氮肥充足、磷肥过量、钾肥不足等问题,不但造成肥料的浪费,肥料利用率低下,也直接影响了马铃薯的产量与效益。其次,在施肥时间上,传统的施肥多集中在生长前期,一般在培土前即马铃薯播种后40d左右的时间内就把所有肥料施完,这样容易引起马铃薯生长前期营养富余而后期缺乏的问题。再次,在灌溉方面主要存在前期水分过多的问题。马铃薯播种后一般可依靠自身水分供应出苗,出苗后至幼苗期需水量较小,所需水分也基本上可通过淋施水肥得到满足。但多数农民习惯于播种后、出苗期和幼苗期分别进行沟

灌或漫灌水促苗, 这样既造成水资源的浪费, 也不利于根系深扎和培育壮苗。由本试验可知, 与传统的灌溉施肥方式相比, 在滴灌施肥下, 马铃薯植株体的生物量获得大幅度增加, 而马铃薯块茎对养分的吸收也并不因为施肥量的减少而降低。

结薯期是马铃薯的需水关键时期, 块茎形成期耗水量占全生育期总耗水量的30%左右, 块茎膨大期占50%以上, 是耗水量最大的时期^[1]。对于华南地区冬种马铃薯而言, 一般在马铃薯结薯期开始后常伴随季节性干旱, 传统灌溉施肥模式下很难满足薯块膨大对水分的需求, 而滴灌施肥模式则能很好地解决水分补给的问题, 为马铃薯的增产增收奠定良好基础。另外, 马铃薯是喜温凉气候的作物, 长期高温会导致干物质向块茎转移受阻, 影响马铃薯品质^[2]。当然, 极度低温同样影响马铃薯块茎干物质的积累。在本试验期间(2009年1月中旬), 一场罕见霜冻使多数马铃薯叶片受到严重伤害至干枯, 尤以滴灌施肥处理马铃薯叶片受伤害更为严重, 这或许就是滴灌施肥处理马铃薯块茎干物质显著低于传统灌溉施肥处理、块茎产量低于预期目标产量的重要原因之一。

对于多数种植者而言, 认为给马铃薯进行中耕培土是一项必需的工作。本研究设置了滴灌施肥(浅植培土)和滴灌施肥(深植不培土)两处理, 结果表明, 深植不培土处理马铃薯植株的生物量、块茎产量均显著高于浅植培土处理; 而在薯块收获时对青头薯的调查表明, 两处理青头薯个数差异不显著。说明在马铃薯种植时采用滴灌施肥(深植不培

土)是可行的, 有必要对这一栽培模式作进一步试验与示范。

[参 考 文 献]

- [1] Bar-Yosef B. Advances in fertigation[J]. *Advances in Agronomy*, 1999, 65:3-5.
- [2] Hebbar S S, Ramachandrapa B K, Nanjappa H V, et al. Studies on NPK drip fertigation in field grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) [J]. *European Journal of Agronomy*, 2004, 21:117-127.
- [3] 隋方功, 王运华, 长友诚, 等. 滴灌施肥技术对大棚甜椒产量与土壤硝酸盐的影响[J]. *华中农业大学学报*, 2001, 20(4):358-362.
- [4] 何华, 陈国良, 赵世伟. 水肥配合对马铃薯水分利用效率的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 1999, 17(2): 59-66.
- [5] 何华, 赵世伟, 陈国良. 不同水肥条件对马铃薯产量的影响[J]. *西北农业大学学报*, 1999, 27(5): 22-27.
- [6] Mohammad M J, Zuraiqi S. Enhancement of yield and nitrogen and water use efficiencies by nitrogen drip-fertigation of garlic [J]. *Journal of Plant Nutrition*, 2003, 26(9): 1749-1766.
- [7] 陈惠宗. 冬种马铃薯高产栽培技术[J]. *福建农业科技*, 2008, 4: 13-14.
- [8] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [9] 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.
- [10] Silva E M, Simon P W. Genetic, physiological and environmental factors affecting acrylamide concentration in fried potato products [J]. *Chemistry and Safety of Acrylamid in Food*, 2005, 561: 371-386.
- [11] 门福义, 刘梦芸. 马铃薯栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [12] Haverkort A J, Boerma M, Velema R, et al. The influence of drought and cyst nematodes on potato growth [J]. *European Journal of Plant Pathology*, 1992, 98:179-191.

Application of Drip-fertigation to Potato Production

Deng Lansheng¹, Lin Cuilan², Tu Panfeng¹, Gong Lin¹, Zeng E², Zhang Chenglin¹

(1. College of Resource and Environment, South China Agricultural University, Guangdong, Guangzhou 510642, China;

2. Guangdong General Agency for Soil and Fertilizer, Guangdong, Guangzhou 510500, China)

Abstract: Drip-fertigation and traditional irrigation and fertilization were compared for the effects on potato production and quality under field conditions. Three treatments were set up, i.e. traditional irrigation and fertilization, drip-fertigation with shallow planting and hilling up later, and drip-fertigation with deep planting but without hilling up, in this research. Drip-fertigation significantly increased biomass of potato, and also saved the production cost by 10% and increased potato tuber yield by 37.31%-47.39%, thereby significantly increasing the economic benefit. These results lay a sound foundation for extension of the drip-fertigation technique in potato production.

Key Words: potato; drip-fertigation; yield; quality