

# 叶面追肥对马铃薯干物质积累、营养状况及土壤养分的影响

韦冬萍<sup>1</sup>, 韦剑锋<sup>1\*</sup>, 吴炫柯<sup>2</sup>, 刘欢雨<sup>1</sup>, 熊建文<sup>1</sup>, 史丹妮<sup>1</sup>

(1. 广西工学院 鹿山学院, 广西 柳州 545616; 2. 柳州市农业气象试验站, 广西 柳州 545003)

**摘要:** 在施肥总量相同基础上, 以马铃薯品种合作 88 号为试材, 于现蕾后分别叶面喷施 0.5% 尿素、0.3%  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  及其混合溶液各 3 次, 每次喷液量为 1 500 kg/hm<sup>2</sup>, 研究叶面追肥对马铃薯干物质积累、营养状况及土壤养分的影响。结果表明: 不同叶面追肥对马铃薯及土壤的影响有较大差异。其中喷施 0.5% 尿素或 0.5% 尿素+0.3%  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  处理能明显提高马铃薯干物质积累量、生物产量、鲜薯经济产量及叶片氮含量, 但明显降低了土壤有机质、氮及磷含量; 喷施 0.3%  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  处理对马铃薯叶片和土壤钾含量提高作用最为明显, 但显著降低块茎氮、磷及钾含量。可见, 在设置试验条件下, 叶面追施氮肥的增产效果较好。

**关键词:** 马铃薯; 叶面追肥; 干物质积累; 营养状况; 土壤养分

**中图分类号:** S532 S365 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2013)08-0057-05

## Effect of Foliage Spray on Dry Matter Accumulation, Nutrient Status and Soil Nutrient of Potato

WEI Dong-ping<sup>1</sup>, WEI Jian-feng<sup>1\*</sup>, WU Xuan-ke<sup>2</sup>, LIU Huan-yu<sup>1</sup>,  
XIONG Jian-wen<sup>1</sup>, SHI Dan-ni<sup>1</sup>

(1. Lushan College of Guangxi University of Technology, Liuzhou 545616, China;

2. Agro-meteorological Experiment Station of Liuzhou, Liuzhou 545003, China)

**Abstract:** In the present study, potato Hezuo-88 was used to investigate the effects of foliage supplement fertilizers on the dry matter accumulation, nutrient status and soil nutrient, including spraying 0.5% urea, 0.3%  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  and their combination solution after squaring, all of which were treated by applying equal amount of fertilizer. The results showed that the different foliage fertilizers had different effects on the potato and soil. Spraying 0.5% urea or 0.5% urea + 0.3%  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  particularly increased dry matter accumulation and biomass yield of plant, economic output of fresh tuber as well as nitrogen content of leaf, while available N content and available P content in soil markedly decreased. Spraying 0.3%  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  obviously increased potassium content in leaf and soil, but nitrogen content, phosphorus content and potassium content in tuber decreased significantly. The yield-increasing effect was better under foliage supplying of nitrogen fertilizer.

**Key words:** potato; foliage spray; dry matter accumulation; nutrient status; soil nutrient

收稿日期: 2013-02-10

基金项目: 广西自然科学基金项目(2013GXNSFBA019050); 广西工学院鹿山学院科学基金项目(院科自 1112206)

作者简介: 韦冬萍(1982-), 女, 壮族, 广西柳州人, 助理研究员, 硕士, 主要从事植物营养与生理生态教学与研究工作。

E-mail: dpwei82@163.com

\* 通讯作者: 韦剑锋(1978-), 男, 壮族, 广西鹿寨人, 副研究员, 硕士, 主要从事作物营养与生理生态方面的研究。

E-mail: jianfengwei@163.com

营养是影响马铃薯生长发育的重要因素。不少学者研究了追肥对马铃薯生长发育、产量和主要品质性状的调控效应。多数研究认为,马铃薯栽培应以基肥为主,追肥为辅,在适宜施肥量基础上合理追施氮肥、钾肥有利于促进马铃薯生长、产量提高及品质改善<sup>[1-3]</sup>。也有研究指出,追施氮肥对秋马铃薯的增产效应不明显,应慎用追肥<sup>[4]</sup>。马铃薯生长发育所需的营养不仅可以土壤底施和追施,还可以进行叶面喷施。如在马铃薯团棵期和块茎膨大期进行叶面喷施盖农高产素、植物动力 2003、稀施美、钾肥或含螯合态铁、锌、锰、铜、硼等微量元素的植物营养剂能显著提高马铃薯的产量,改善品质,增加效益<sup>[5-8]</sup>。这些研究对促进马铃薯高产优质生产及相关研究起到了积极作用,但有关叶面施肥对马铃薯营养状况及土壤养分影响的报道较少。马铃薯是我国南方地区重要的冬种作物,主要应用秸秆覆盖栽培,出苗后不利于土壤追肥,因此生产中只施基肥,这样可能不利于最大限度地提高马铃薯的肥料利用效率。为此,本研究在施肥总量相同基础上,采用稻草覆盖栽培,于马铃薯现蕾后进行叶面追施尿素、 $\text{KH}_2\text{PO}_4$  及其混合液试验,探讨叶面追肥对马铃薯干物质积累、营养及土壤养分的影响,旨在为马铃薯科学施肥提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

试验于 2012 年 2—6 月在柳州市农业气象试验站进行。供试土壤为黄棕壤(砂质黄泥土),供试马铃薯为商品薯合作 88 号。

基肥用氮肥为普通尿素(含 N 46.5%),磷肥为钙镁磷肥(含  $\text{P}_2\text{O}_5$  17%),钾肥为加拿大氯化钾(含  $\text{K}_2\text{O}$  60%);叶面追肥为分析纯尿素(含量  $\geq 99.0\%$ ,含 N 46.5%)和分析纯  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ (含量  $\geq 99.5\%$ ,含  $\text{P}_2\text{O}_5$  51.7%, $\text{K}_2\text{O}$  34.6%)。

### 1.2 试验设计与实施

试验在施肥总量为 N 225.00 kg/hm<sup>2</sup>、 $\text{P}_2\text{O}_5$  112.50 kg/hm<sup>2</sup>、 $\text{K}_2\text{O}$  450.00 kg/hm<sup>2</sup> 基础上,设叶面喷施清水(CK)、0.5% 尿素营养液(T1)、0.3%  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  营养液(T2)、0.5% 尿素+0.3%  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  营养液(T3)共 4 个处理,重复 3 次,每重复为 1 个小区,其中叶面喷施营养液处理播种时基肥相应减少肥料施用量。叶面追肥于马铃薯现蕾初期开始第 1 次喷施,共喷 3 次,每次间隔 15 d,每次喷施溶液量为 1 500 kg/hm<sup>2</sup>,具体喷施时间为 4 月 11 日、4 月 26 日、5 月 12 日下午。

试验地经犁耙整平后,结合开畦沟划分小区(畦

宽 1.6 m,长 11.4 m,面积 18.24 m<sup>2</sup>),共 12 个小区。种薯经切块、消毒及用草木灰蘸切口后,每小区按行距 40 cm、穴距 30 cm、两边各留 20 cm 规格播种,每穴播种 1 块,折合密度 82 500 穴/hm<sup>2</sup>。播种后将基肥均匀施于种薯之间,然后覆盖干稻草(约 6 cm 厚,折合干稻草用量约为 25 000 kg/hm<sup>2</sup>),轻压,最后浇灌定植润稻草水。生育期间人工锄草 1 次,农药防治瓢虫 1 次。

### 1.3 测定项目与方法

每次叶面追肥后第 15 天上午采集马铃薯全株叶片,测 N、P、K 含量。第 3 次叶面追肥后第 15 天采集马铃薯植株,测根、茎、叶及块茎干物质质量,计算单位面积生物产量。收获时测鲜薯经济产量及块茎 N、P、K 含量。试验前和收获后取试验地 0~30 cm 土层土样,测土壤主要性状指标,其中有机质含量采用重铬酸钾容量法—稀释热法测定;全氮、全磷及全钾含量分别用  $\text{H}_2\text{SO}_4-\text{H}_2\text{O}_2$  消煮—凯氏定氮法、NaOH 熔融—钼锑抗比色法、NaOH 熔融—火焰光度法测定;碱解氮、速效磷及速效钾含量分别用碱解扩散法、 $\text{NaHCO}_3$  浸提—钼锑抗比色法、 $\text{NH}_4\text{OAc}$  浸提—火焰光度法测定。植物样品采用  $\text{H}_2\text{SO}_4-\text{H}_2\text{O}_2$  消煮,N、P 及 K 含量分别用奈氏比色法、钒钼黄比色法及火焰光度法测定,具体方法见《土壤农化分析》<sup>[9]</sup>。应用 Excel 2003、SPSS 17.0 等软件进行数据处理和统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对马铃薯植株干物质积累及分配的影响

表 1 显示,马铃薯全株、根、地上茎及叶片干物质积累量均表现为  $\text{T1} > \text{T3} > \text{T2} > \text{CK}$ ,其中 T1 与 CK 的差异均达显著水平,T3 的根、叶片与 CK 的差异也达显著水平,但 T2 与 CK 的差异均不显著;块茎干物质积累量表现为  $\text{T2} > \text{T3} > \text{T1} > \text{CK}$ ,其中 T2、T3 与 CK 的差异均达显著水平,而其他处理间的差异不显著。可见,追施尿素比较有利于促进马铃薯植株干物质积累,追施  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  比较有利于促进马铃薯块茎干物质积累,但两者混合追施的协同效应不明显。表 1 还显示,不同处理马铃薯干物质在各器官的分配略有差异,其中根部为  $\text{T2} > \text{T3} > \text{CK} > \text{T1}$ ,块茎为  $\text{T2} > \text{CK} > \text{T3} > \text{T1}$ ,地上茎为  $\text{T1} > \text{CK} > \text{T2} > \text{T3}$ ,叶片为  $\text{T3} > \text{T1} > \text{T2} > \text{CK}$ ,除 T1 块茎干物质分配率显著小于其他处理外,其他处理各器官干物质分配无显著差异。可见,叶面追肥对马铃薯干物质分配也产生了影响,其中喷施尿素会降低干物质向块茎分配的趋势。

表 1 不同处理对马铃薯植株干物质积累及分配的影响

处理	干物质积累量/(g/株)					干物质分配率/%			
	全株	根	块茎	地上茎	叶片	根	块茎	地上茎	叶片
CK	85.70b	4.37b	16.17b	41.54b	23.62b	5.10a	18.87a	48.47a	27.56a
T1	94.64a	4.71a	16.42ab	46.38a	27.13a	4.98a	17.35b	49.01a	28.67a
T2	88.07b	4.56ab	17.31a	41.82b	24.38b	5.18a	19.65a	47.48a	27.68a
T3	90.84ab	4.64a	17.11a	42.58b	26.51a	5.11a	18.84a	46.87a	29.18a

注:同列中不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平,下同。

2.2 不同处理对马铃薯生物产量及鲜薯产量的影响

图 1 显示,马铃薯植株生物产量表现为 T1>T3>T2>CK,其中 T1、T3 与 T2、CK 的差异达显著水平,而其他处理间的差异不显著。图 2 显示,马铃薯鲜薯产量表现为 T3>T1>T2>CK,其中 T3、T1 与 T2、CK 的差异达显著水平,而其他处理间的差异不显著。分析表明,叶面追施尿素或其混合营养液比较利于马铃薯生物产量和鲜薯产量的提高。

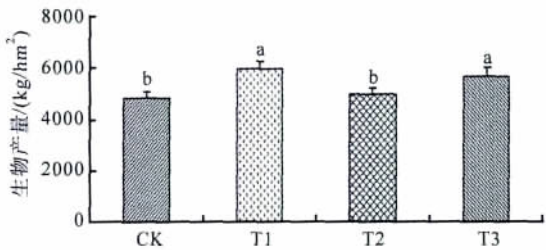


图 1 不同处理对马铃薯生物产量的影响

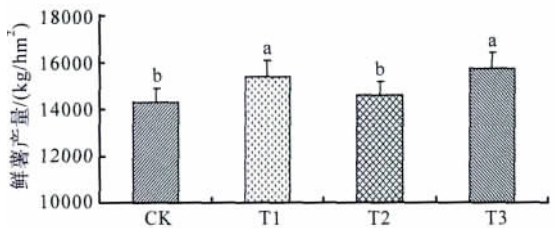


图 2 不同处理对马铃薯鲜薯产量的影响

2.3 不同处理对马铃薯营养状况的影响

表 2 显示,各调查期马铃薯叶片全 N 含量均表现为 T1>T3>T2>CK,其中 T1 与 CK 的差异均达显著水平,第 3 次追肥后 T1 与 T2、T3 与 CK 的差异也达显著水平,而其他处理在其他调查期的差异不显著。说明叶面追肥可提高马铃薯叶片氮素营养,其中单独追施尿素的效应最为明显。在马铃薯叶片全 P 含量方面,第 1、2 次追肥后 T1、T2、T3 的含量不同程度低于 CK,而第 3 次追肥后 T1、T2、T3 的含量不同程度高于 CK,但处理间的差异均不显著。说明叶面追肥处理对马铃薯叶片磷素营养的影响不明显。在马铃薯叶片全 K 含量方面,各调查期均表现为 T2>T3>T1>CK,其中第 2 次追肥后 T2 与 T1、CK 的差异达显著水平,第 3 次追肥后 T2 与 CK 的差异也达显著水平,而其他处理在其他调查期的差异不显著。说明叶面追肥可提高马铃薯叶片钾素营养水平,其中单独追施  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  的效应较为明显。表 2 还显示,成熟期马铃薯块茎全 N、全 P 及全 K 含量均表现为 CK>T1>T3>T2,其中 CK 与 T2 的差异均达显著水平,T1 全 P 含量与 T2 的差异也达显著水平。说明叶面追肥有降低马铃薯块茎大量元素含量的趋势,其中单独追施  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  的效应较为突出。

表 2 不同处理对马铃薯叶片及块茎 N、P、K 含量的影响

养分	处理	叶片			块茎
		第 1 次追肥后 15 d	第 2 次追肥后 15 d	第 3 次追肥后 15 d	
全 N	CK	4.66b	4.12b	3.48c	1.64a
	T1	4.97a	4.39a	3.82a	1.59ab
	T2	4.78ab	4.23ab	3.53bc	1.52b
	T3	4.79ab	4.33ab	3.71ab	1.56ab
全 P	CK	0.519a	0.443a	0.392a	0.494a
	T1	0.512a	0.424a	0.405a	0.488ab
	T2	0.496a	0.423a	0.401a	0.456c
	T3	0.496a	0.428a	0.411a	0.467bc
全 K	CK	4.51a	3.53b	3.26b	3.39a
	T1	4.65a	3.68b	3.31ab	3.23ab
	T2	4.74a	3.91a	3.45a	3.14b
	T3	4.68a	3.85ab	3.37ab	3.21ab

## 2.4 不同处理对土壤养分的影响

表 3 显示,与种植前土样比较,马铃薯收获后各处理土壤 pH 值、有机质、全 N、全 P、速效 N 及速效 P 等含量不同程度下降,而全 K 及速效 K 含量明显增加。处理间比较,土壤 pH 值为  $CK > T2 > T3 > T1$ ,但处理间差异不显著;有机质含量、全 N 含量为  $CK > T2 > T3 > T1$ ,其中 CK 与 T1、T3 的差异达显著水平;全 P 含量为  $CK > T2 > T1 > T3$ ,但仅有 CK 与 T3 的差异达显著水平;全 K 含量为  $T2 > T3 > CK > T1$ ,其中 T2、T3 与 T1 的差异达显著水平;速

效 N 含量为  $CK > T2 > T3 > T1$ ,其中 CK、T2 与 T3、T1 的差异达显著水平;速效 P 含量为  $CK > T2 > T1 > T3$ ,其中 CK 与 T1、T3、T2 与 T3 的差异达显著水平;速效 K 含量为  $T2 > T3 > CK > T1$ ,但仅有 T1 与其他处理的差异达显著水平。分析表明,马铃薯收获后,土壤有机质、氮素及磷素养分呈现亏缺,钾素养分表现盈余,其中追施尿素的有机质和氮素亏缺较为明显,追施尿素+ $KH_2PO_4$  的磷素亏缺尤为突出,单独追施  $KH_2PO_4$  的钾素盈余最为显著。

表 3 不同处理对马铃薯收获后土壤养分的影响

处理	pH	有机质/ (g/kg)	全量/(g/kg)			速效量/(mg/kg)		
			N	P	K	N	P	K
种植前基础土样	6.49	23.59	2.10	1.23	5.81	110.7	82.51	223.07
CK	6.48a	22.95a	2.01a	1.20a	6.23ab	104.17a	78.73a	274.85a
T1	6.38a	21.43b	1.89b	1.16ab	5.98b	96.11b	73.8bc	258.61b
T2	6.46a	22.26ab	1.97ab	1.18ab	6.54a	102.67a	75.93ab	284.61a
T3	6.39a	21.92b	1.90b	1.14b	6.45a	97.58b	71.85c	280.34a

## 3 结论与讨论

叶面追肥是作物土壤施肥的一种直接、高效的辅助措施,其效果受环境因子、作物营养特性与生育时期、叶面肥浓度与性质、土壤养分状况等诸多因素影响<sup>[10-11]</sup>。有研究表明,叶面喷施  $KH_2PO_4$  可改善马铃薯植株营养状况,促进马铃薯生长,进而提高块茎产量和改善品质,但块茎增产效果随喷施量或浓度的增加呈抛物线型的变化趋势<sup>[6-7]</sup>。本试验中,叶面追施尿素、 $KH_2PO_4$  及尿素+ $KH_2PO_4$  不同程度提高马铃薯植株干物质积累量、生物产量及鲜薯经济产量,其中追施尿素或尿素+ $KH_2PO_4$  的增产效果较单独追施  $KH_2PO_4$  的显著,但追施尿素与追施尿素+ $KH_2PO_4$  的产量差异不明显。说明本试验条件下叶面追施尿素对促进马铃薯生长和产量提高起到了主导作用。其原因可能与本试验中基肥氮磷钾施用量有关。马铃薯收获后各处理土壤氮素及磷素养分呈现亏缺,钾素养分明显盈余,说明基肥中氮肥和磷肥施用量不足,而钾肥过量。因此,在土壤氮素供应不足基础上追施尿素能促进马铃薯植株生长、提高产量,而在土壤钾素供应过量基础上追施  $KH_2PO_4$  表现为马铃薯对钾素的奢侈吸收。干物质积累是产量形成的基础,促进干物质向经济器官块茎的有效分配是马铃薯产量形成的关键<sup>[3]</sup>。本试验中,叶面追施尿素有降低干物质向块茎分配的趋势,

这不利于最大限度地提高马铃薯的鲜薯产量。因此,要进一步提高马铃薯鲜薯产量,叶面追施氮肥的最佳时期、次数或用量还需进一步研究。

叶是植物最重要的根外营养器官,叶片在吸收水分的同时能够像根一样把叶片表面营养物质吸收到植物体中<sup>[11]</sup>。郑元红等<sup>[7]</sup>研究指出,在马铃薯现蕾前 10 d 叶面喷施 0.3%  $KH_2PO_4$ ,叶片中的氮、钾含量随着喷施量的增加而增加,而磷含量则减少;现蕾期继续喷施 0.3%  $KH_2PO_4$ ,叶片中的氮、磷及钾含量则与未喷施处理相差不大。本试验中,叶面追肥主要对马铃薯叶片氮、钾含量产生影响,其中追施尿素可显著提高叶片氮含量,追施  $KH_2PO_4$  可提高叶片钾含量,追施尿素+ $KH_2PO_4$  可提高叶片氮含量和钾含量,效应随着追肥次数的增加而增强,这与前人研究的结果不尽一致,可能是品种、基肥施用量或喷施次数不同的缘故。因此,叶面追肥对马铃薯植株矿质营养的影响还需结合具体栽培条件做进一步研究论证。试验中发现,3 个叶面追肥处理均降低了马铃薯块茎氮、磷及钾含量,其中单独追施  $KH_2PO_4$  的效应最为突出。这可能是追肥处理增加了马铃薯块茎干物质积累后,稀释了块茎中矿质元素的缘故。

土壤养分是农作物的营养物质基础,马铃薯耕地土壤养分受施肥量、施肥方式、施肥种类及产量水平等诸多因素影响<sup>[7,12-13]</sup>。有研究指出,叶面喷施

钾肥会造成土壤全氮、碱解氮、速效磷、速效钾含量下降现象<sup>[7]</sup>。本试验结果表明,叶面追施尿素处理的土壤有机质和氮素亏缺较为明显,追施尿素+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 的磷素亏缺较为突出。其原因可能是在基肥施氮量、施磷量不足条件下,叶面喷施尿素补充了马铃薯植株对氮素养分的需求,从而促进植株生长,进而激发植株对土壤中有效养分尤其是氮素和磷素养分的吸收利用。试验中发现,追施 $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 或尿素+ $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 的土壤钾素盈余较为显著。这可能是在基肥施钾过量条件下,马铃薯根系从土壤中吸收的钾素养分已经满足了植株生长的需求,叶面继续补充钾素养分表现为奢侈吸收,未能进一步激发植株对土壤中钾素的吸收。这些结果说明土壤养分的变化与马铃薯生长营养需要相协调。

#### 参考文献:

- [1] 朱洪涛,马力,门文革. 追施不同肥料对马铃薯品种抗疫白产量的影响[J]. 中国马铃薯, 2010, 24(3): 153-155.
- [2] 陈洪,张新明,全锋,等. 适于冬作马铃薯的氮钾基追肥分配模式研究[J]. 热带作物学报, 2012, 33(8): 1384-1388.
- [3] 郑顺林,李国培,杨世民,等. 施氮量及追肥比例对冬马铃薯生育期及干物质积累的影响[J]. 四川农业大学学报, 2009, 27(3): 270-274.
- [4] 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, 22(3): 702-706.
- [5] 呼芸芸,王效瑜. 固原市马铃薯叶面施肥增产试验[J]. 中国马铃薯, 2007, 21(4): 221-222.
- [6] 张东昱,夏叶,张文斌,等. 叶面喷施磷酸二氢钾对加工型马铃薯生长的影响[J]. 中国马铃薯, 2010, 24(5): 298-300.
- [7] 郑元红,潘国元,毛国军,等. 脱毒马铃薯叶面喷施钾肥试验[J]. 贵州农业科学, 2007, 35(1): 69-70.
- [8] 田丰,张永成,张凤军,等. 植物营养剂对菜用马铃薯生理指标及块茎产量的影响[J]. 北方园艺, 2011(5): 21-23.
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 56-158.
- [10] 王丽娟,杨晓玉. 不同叶面肥对番茄幼苗生长、干物质积累及耐旱性的影响[J]. 河南农业科学, 2011, 40(4): 113-116.
- [11] 李燕婷,李秀英,肖艳,等. 叶面肥的营养机理及应用研究进展[J]. 中国农业科学, 2009, 42(1): 162-172.
- [12] 刘文区,黄文苏,刘伟锋,等. 惠东县马铃薯耕地土壤肥力现状及改良对策[J]. 广东农业科学, 2011, 38(16): 51-53.
- [13] 吕慧峰,王小晶,赵欢,等. 肥料组合对马铃薯产量、品质和土壤肥力的影响[J]. 长江蔬菜, 2010(22): 46-48.