

有机水溶肥料与无机肥料配施对马铃薯产量、养分吸收和品质的影响

李鸣凤¹, 王清林¹, 鲁明星², 李 晶², 熊汉锋³, 赵竹青^{1,4*}

(1. 华中农业大学, 湖北 武汉 430070; 2. 湖北省耕地质量和肥料总站, 湖北 武汉 430070;

3. 武汉皓达农业科技有限公司, 湖北 武汉 430070; 4. 新型肥料湖北省工程实验室, 湖北 武汉 430070)

摘 要: 襄阳是湖北省马铃薯主要产区之一, 一般冬季播种, 春季收获, 生育期较短, 施肥以一次性施肥为主, 肥料施用量较大。为了改变农民施肥习惯, 节约肥料资源, 提高肥料利用率, 根据马铃薯的需肥特性和襄阳地区的土壤肥力状况, 提出了推荐施肥以及配施有机水溶性肥料试验。研究了推荐施肥和施用有机水溶性肥料对马铃薯产量、品质以及养分含量等指标的影响, 旨在为襄阳地区马铃薯的合理施肥提供理论依据。结果表明: 按照推荐施肥量分别为 N 180 kg/hm²、P₂O₅ 90 kg/hm²、K₂O 210 kg/hm², 与农民施肥相比马铃薯产量并没有明显差异, 但氮磷钾分别减少了 340 kg/hm²、150 kg/hm²、15 kg/hm², 表明适量减少肥料用量并不会减低襄阳地区马铃薯产量, 但是节约了施肥成本。在推荐施肥的条件下, 配合施用有机水溶性肥料, 马铃薯的产量比推荐施肥处理产量增加 10.22%, 产投比达 9.84, 表明配合施用有机水溶性肥料能有效提高马铃薯产量, 提高经济效益。施用有机水溶性肥料不仅可以提高马铃薯叶绿素含量, 促进了植株对养分的吸收, 而且能显著改善马铃薯品质, 如马铃薯块茎的干物质、淀粉、维生素 C、可溶性糖的含量均显著增加。

关键词: 马铃薯; 有机水溶性肥料; 养分含量; 叶绿素; 品质; 产量

Effects of Water-soluble Organic Fertilizer Combined with Application of Inorganic Fertilizers on Yield, Nutrient Uptake and Quality of Potato

LI Mingfeng¹, WANG Qinglin¹, LU Mingxing², LI Jing², XIONG Hanfeng³, ZHAO Zhuqing^{1,4*}

(1. Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070, China; 2. Fertilizer Station and Quality of Arable Land of Hubei Province, Wuhan, Hubei 430070, China; 3. Wuhan Haoda Agricultural Technology Co. Ltd., Wuhan, Hubei 430070, China; 4. New Type of Fertilizer Engineering Laboratory of Hubei Province, Wuhan, Hubei 430070, China)

Abstract: Xiangyang is one of the major potato planting areas in Hubei Province. Generally, potato is planted in winter, and harvested in the next year spring. Fertilizer is applied only once and the amount is large due to its short growing period. In order to reduce farmers' fertilizer input, save fertilizer resources and improve fertilizer efficiency, effects of the recommended fertilization and the water-soluble organic fertilizer were studied on potato in the Xiangyang area in field experiments. The yield of potato with the recommended fertilization at N 180 kg/ha, P₂O₅ 90 kg/ha, and K₂O 210 kg/ha, was similar to that of the farmers' fertilization, however, the amount of the fertilizer was reduced by N 340 kg/ha, P₂O₅ 150 kg/ha and K₂O 15 kg/ha, respectively. So it is possible to reduce the farmers' fertilizer application for potato planting in the Xiangyang area, and the cost of fertilizer will be saved. Potato yield was increased by 10.22%, when treated with recommended fertilization combined with water-soluble

收稿日期: 2014-10-14

基金项目: 国家马铃薯产业技术体系(CARS-10-706)。

作者简介: 李鸣凤(1991-), 女, 硕士研究生, 研究方向为土壤肥料。

*通信作者(Corresponding author): 赵竹青, 教授, 从事现代施肥技术研究, E-mail: zzq@mail.hzau.edu.cn。

organic fertilizer compared with recommended fertilization only, and the ratio of output to input was up to 9.84. Those indicated that recommended fertilization combined with water-soluble organic fertilizer was a useful fertilizing technology. The main mechanism of increased yield of potato treated with water-soluble organic fertilizer was that the content of chlorophyll in potatoes' leaves was increased, and nutrients uptake in plants was also increased. Meanwhile, the quality of potato was improved. The yield of dry matter, and the contents of starch, vitamin C, and soluble sugar in potatoes were increased significantly when treated with water-soluble organic fertilizer.

Key Words: potato; water-soluble organic fertilizer; nutrient content; chlorophyll; quality; yield

近年来,湖北省马铃薯播种面积不断增加,马铃薯增产已经成为增加粮食产量,提高农民经济效益的主要措施。2010年湖北省襄阳区马铃薯播种面积已达7 003.5 hm²^[1]。襄阳区的马铃薯以一次性施肥为主,导致马铃薯生长后期养分缺乏,微量元素不足,严重影响了马铃薯的品质。刘文区等^[2]对惠东县马铃薯施肥现状调查发现,大部分马铃薯种植户施用肥料N 300 kg/hm²、P₂O₅ 357 kg/hm²、K₂O 225 kg/hm²,而有机肥施用量仅为1 800 kg/hm²,导致马铃薯种植田块土壤板结,强酸性和极强酸性土壤达到81.06%,在降低马铃薯产量的同时严重损害了马铃薯品质。有机水溶肥料是一种新型水溶性肥料,含有大量元素氮、磷、钾养分,并含有多种微量元素、高活性有机物质、腐植酸等成分,具有活化土壤养分、促进根部生长、增强植物抗逆性等优点。

本研究将有机水溶肥与无机肥配施,探究其对马铃薯产量、养分吸收和品质的影响,从而为指导襄阳地区马铃薯的合理施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验地点位于湖北省襄阳市双沟镇。供试土壤为黄棕壤,主要理化性状:pH值4.46,有机质

15.06 g/kg,碱解氮103.02 mg/kg,速效磷53.13 mg/kg,速效钾98.09 mg/kg。

1.2 试验材料

供试马铃薯品种为‘早大白’;供试肥料为尿素(N 46%)、磷酸二铵(N 17%, P₂O₅ 45%)、硫酸钾(K₂O 50%);供试有机水溶肥料(以下简称WSF)由武汉皓达农业科技有限公司提供,主要成分是有有机质,含量为30 g/L,总养分含量(N + P₂O₅ + K₂O)为60 g/L,并含有微量元素、腐植酸等。

1.3 试验处理

试验共设6个处理(表1),采用随机区组试验法设置试验小区,每小区面积25 m²,3次重复。其中氮肥75%基施,25%于出苗后25 d追施,磷肥和钾肥全部基施。有机水溶肥(1000倍稀释液)4月5日喷施第1次,4月15日灌施第1次,4月25日喷施第2次,5月5日灌施第2次。喷施原液总用量为960 mL/hm²,灌施总用量为1 440 mL/hm²。马铃薯2010年11月20日播种,2011年5月15日收获。

1.4 取样及测定

样品采集方法:在马铃薯的收获期,每个小区随机选取3株植物样。块茎鲜样测定维生素C和可溶性性糖。根、茎、叶、块茎烘干,块茎测定含水量和淀粉含量。用不锈钢植物粉碎机粉碎后测定氮

表1 不同施肥处理

Table 1 Different treatments of fertilization

处理 Treatment	化肥(kg/hm ²) Chemical fertilizer			有机水溶性肥料(mL/hm ²) WSF
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
不施肥 Control	0	0	0	0
不施肥+有机水溶性肥料 Control + WSF	0	0	0	2400
农民施肥 Farmers' fertilization	520	240	225	0
农民施肥+有机水溶性肥料 Farmers' fertilization + WSF	520	240	225	2400
推荐施肥 Recommended fertilization	180	90	210	0
推荐施肥+有机水溶性肥料 Recommended fertilization + WSF	180	90	210	2400

磷钾含量。在块茎形成期、膨大期、成熟期于试验地里测植株叶绿素相对含量。

样品分析方法: 植株 N、P、K 含量用浓 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{--H}_2\text{O}_2$ 消化, N、P 采用流动注射分析仪(瑞典 FIAstar5000)测定; K 采用火焰光度法测定; 含水量测定采用恒温干燥法^[3]; 维生素 C 含量用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定^[4]; 淀粉含量用碘比色法测定^[4]; 可溶性糖含量用蒽酮比色法测定^[4]; 叶绿素相对含量测定用叶绿素式 SPAD-502 叶绿素仪。

1.5 数据处理

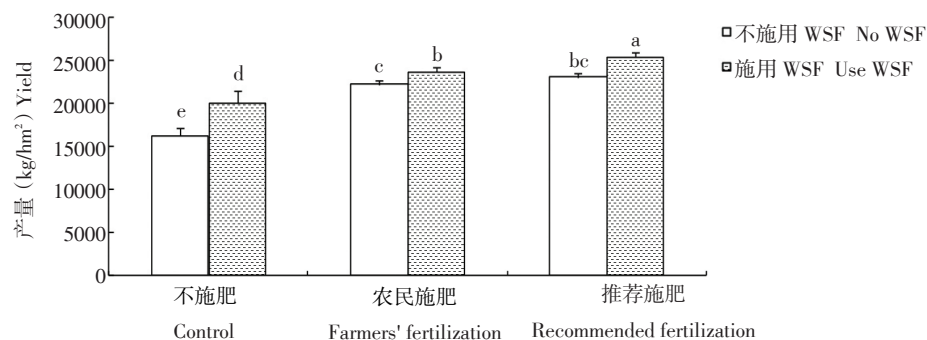
本试验采用 Excel 和 SPSS Statistics 17.0 软件进行图表的编辑和试验数据的统计分析处理, 多重比较的方法为新复极差法。

2 结果与分析

2.1 有机水溶肥料对马铃薯产量的影响

由图 1 可知, 施肥处理产量均高于不施肥处理, 与不施肥处理相比, 农民施肥和推荐施肥处理的马铃薯产量分别增加 36.68%、42.44%, 说明在该地力条件下, 施肥可以显著的促进马铃薯生长发育。与农民施肥处理相比, 推荐施肥处理的产量增加 4.21%, 没有达到显著差异, 但是相比农民施肥, 推荐施肥的施肥量, 氮磷钾分别减少了 340、150 和 15 kg/hm^2 , 说明农民施肥的肥料利用率较低。

在不施肥、农民施肥和推荐施肥处理后, 配施有机水溶肥料后马铃薯产量都有明显增加趋势(图 1),



各处理中, 带有不同字母的处理之间差异达显著水平($\alpha = 0.05$), 误差线为标准差。

Different lowercase letters represent significant differences for yield at 0.05 level. Error bars are standard deviation.

图 1 有机水溶肥料与无机肥料配施对马铃薯产量的影响

Figure 1 Effects of water-soluble organic fertilizer used with chemical fertilizer on yield of potato

增产幅度分别为 23.76%、7.07%、10.22%, 增产效果均达显著水平。说明施用有机水溶肥料可以显著提高马铃薯产量, 而在推荐施肥的基础上, 施用有机水溶肥料的产量达到最高为 25 470 kg/hm^2 。

2.2 有机水溶肥料对马铃薯经济效益的影响

有机水溶肥料对马铃薯经济效益的影响如表 2 所示, 在不施肥、农民施肥和推荐施肥的处理下, 增施有机水溶性肥料, 马铃薯纯收入提高 1 569~3 855 元/ hm^2 , 产投比为 6.54~16.06, 说明施用有机水溶性肥料均可以使马铃薯获得相对较高的经济效益。不施肥处理, 虽然产投比达到最高, 但是马铃薯的产量相对较低, 不适应于生产实际。相比农民施肥配施水溶性有机肥, 在推荐施肥处理下配施有机水溶肥料的产量增加 1 727 kg/hm^2 , 产投比增加 3.3。试验结果表明, 在推荐施肥

条件下, 配施有机水溶肥料是获得马铃薯较高经济效益的重要的农艺措施之一。

2.3 有机水溶肥料对养分积累量的影响

由表 3 可知, 马铃薯各器官中氮积累量依次是叶 > 块茎 > 地上茎 > 根。在农民施肥后配施有机水溶性肥料, 马铃薯的各个器官的氮积累量变化较小, 没有达到显著差异, 可能原因是农民施肥的氮肥施用量较大, 已经满足甚至超过了马铃薯整个生育期对氮的需要。在块茎上, 推荐施肥后增施有机水溶性肥料的氮积累量与农民施肥并没有出现显著差异, 但是推荐施肥的氮肥用量显著小于习惯施肥。

在不施肥、农民施肥和推荐施肥后, 配施有机水溶肥料后马铃薯的氮积累量分别增加 17.18、2.56 和 13.86 kg/hm^2 。马铃薯叶片的氮积累量增加

表2 有机水溶肥料与无机肥料配施对马铃薯经济效应的影响

Table 2 Effects of water-soluble organic fertilizer used with chemical fertilizer on the economic of potato

处理 Treatment	产量 (kg/hm ²) Yield	WSF 增产量 (kg/hm ²) Increased yield of WSF	WSF 增加收入 (元/hm ²) Increased income of WSF (Yuan/ha)	WSF 投入(元/hm ²) Economic input of WSF (Yuan/ha)	纯收入(元/hm ²) Net income (Yuan/ha)	产投比 Ratio of output to input
不施肥 Control	16223	3855	3855	240	3615	16.06
农民施肥 Farmers' fertilization	22174	1569	1569	240	1329	6.54
推荐施肥 Recommended fertilization	23108	2362	2362	240	2122	9.84

注：2010年湖北襄阳马铃薯收购价1元/kg, 有机水溶性肥料价格为10元/100 mL。
Note: Purchasing price for potato was 1 Yuan/kg and water-soluble organic fertilizer 10 Yuan/100 mL in Xiangyang, Hubei in 2010.

表3 有机水溶肥料与无机肥料配施对马铃薯氮积累量的影响

Table 3 Effects of water-soluble organic fertilizer used with chemical fertilizer on the nitrogen content of potato

处理 Treatment	马铃薯氮积累量(kg/hm ²) Nitrogen content of potato			
	叶 Leaf	地上茎 Stem	根 Root	块茎 Tuber
不施肥 Control	39.56 ± 0.96 e	9.27 ± 0.26 e	3.05 ± 0.43 d	32.69 ± 0.51 d
不施肥+有机水溶肥料 Control+WSF	46.53 ± 1.47 d	11.24 ± 0.60 d	3.68 ± 0.22 c	40.30 ± 0.85 c
农民施肥 Farmers' fertilization	69.69 ± 1.50 a	17.03 ± 0.39 ab	5.00 ± 0.11 a	64.80 ± 4.94 a
农民施肥+有机水溶肥料 Farmers' fertilization+WSF	70.98 ± 1.99 a	17.58 ± 0.57 a	4.73 ± 0.21 a	65.79 ± 1.15 a
推荐施肥 Recommended fertilization	60.14 ± 2.00 c	15.50 ± 0.45 c	4.80 ± 0.18 ab	56.23 ± 1.95 b
推荐施肥+有机水溶肥料 Recommended fertilization+WSF	63.16 ± 1.95 b	16.69 ± 0.50 b	5.13 ± 0.07 a	65.55 ± 2.46 a

注：各处理中，带有不同小写字母的处理在氮素之间差异达显著水平(α=0.05), 误差为标准差。
Note: Different lowercase letters represent significant differences for nitrogen at 0.05 level. Error is the standard deviation.

1.29~6.97 kg/hm²，马铃薯地上茎的氮积累量增加0.55~1.97 kg/hm²，不施肥与推荐施肥处理配施有机水溶性肥料后马铃薯的根氮积累量均增加，但是在农民施肥条件下，配施有机水溶性肥料，马铃薯根的氮积累量反而减小，可能的原因是习惯施肥氮过多，已经产生了毒害作用。马铃薯块茎的氮积累量增加0.99~9.32 kg/hm²。试验结果表明，在不施肥，农民施肥和推荐施肥处理下，配施有机水溶肥料均可提高马铃薯氮养分的积累；其推荐施肥条件下，配施有机水溶肥料可显著增加马铃薯叶、地上茎、块茎的氮养分积累量。

由表4可知，马铃薯的磷主要积累在块茎中。马铃薯的总磷积累量是农民施肥>推荐施肥>不施肥。在不施肥和推荐施肥处理下，配施有机水溶性肥料的磷积累量分别增加1.23和0.97 kg/hm²，但是在农民施肥的处理下，配施有机水溶性肥料马铃薯磷积累量没有明显的变化。相比农民施

肥、推荐施肥处理的马铃薯各个器官的磷积累量均没有显著变化，但是推荐施肥的施磷量只有习惯施肥的3/8，试验结果表明，农民施肥的磷肥利用率较低。

由表5可知，马铃薯各器官中钾积累是块茎>叶>地上茎>根。相比推荐施肥，农民施肥的马铃薯的叶钾增加量达2.52 kg/hm²，达到显著水平，但是马铃薯的其它器官的钾积累量没有显著差异。相比不施肥、农民施肥和推荐施肥、配施有机水溶肥料后马铃薯的钾积累量分别增加13.75、21.21和10.17 kg/hm²。在推荐施肥处理下，配施有机水溶性肥料马铃薯叶和块茎的钾积累量分别增加5.83和14.49 kg/hm²，达显著水平，其它无明显差异。在农民施肥条件下，配施有机水溶性肥料对钾的积累量没有明显差异。试验结果表明，在推荐施肥条件下，配施有机水溶肥料对马铃薯钾的积累有显著效果。

表4 有机水溶肥料与无机肥料配施对马铃薯磷积累量的影响

Table 4 Effects of water-soluble organic fertilizer used with chemical fertilizer on the phosphorus content of potato

处理 Treatment	马铃薯磷积累量 (kg/hm ²) Phosphorus content of potato			
	叶 Leaf	地上茎 Stem	根 Root	块茎 Tuber
不施肥 Control	2.06 ± 0.03 b	0.35 ± 0.02 b	0.20 ± 0.04 b	5.13 ± 0.55 b
不施肥+有机水溶肥料 Control+WSF	2.28 ± 0.22 b	0.44 ± 0.04 b	0.22 ± 0.03 b	6.03 ± 0.50 b
农民施肥 Farmers' fertilization	3.07 ± 0.85 ab	0.71 ± 0.10 a	0.31 ± 0.03 a	8.49 ± 0.42 a
农民施肥+有机水溶肥料 Farmers' fertilization+WSF	3.10 ± 0.67 ab	0.72 ± 0.17 a	0.30 ± 0.04 a	8.46 ± 0.63 a
推荐施肥 Recommended fertilization	3.05 ± 0.56 ab	0.62 ± 0.06 a	0.31 ± 0.02 a	8.00 ± 0.72 a
推荐施肥+有机水溶肥料 Recommended fertilization+WSF	3.37 ± 0.17 a	0.77 ± 0.05 a	0.34 ± 0.04 a	8.47 ± 1.26 a

注：各处理中，带有不同小写字母的处理在磷素之间差异达显著水平(α=0.05)，误差为标准差。
Note: Different lowercase letters represent significant differences for phosphorus at 0.05 level. Error is the standard deviation.

表5 有机水溶肥料与无机肥料配施对马铃薯钾积累量的影响

Table 5 Effects of water-soluble organic fertilizer used with chemical fertilizer on the potassium content of potato

处理 Treatment	马铃薯钾积累量 (kg/hm ²) Potassium content of potato			
	叶 Leaf	地上茎 Stem	根 Root	块茎 Tuber
不施肥 Control	20.82 ± 2.25 d	6.24 ± 0.41 b	1.25 ± 0.40 c	43.48 ± 8.42 d
不施肥+有机水溶肥料 Control+WSF	22.52 ± 3.38 cd	6.91 ± 0.22 b	1.40 ± 0.43 bc	54.71 ± 5.91 c
农民施肥 Farmers' fertilization	29.07 ± 3.04 ab	8.98 ± 0.28 a	2.15 ± 0.17 a	75.79 ± 4.04 ab
农民施肥+有机水溶肥料 Farmers' fertilization +WSF	30.89 ± 4.33 ab	9.42 ± 0.49 a	2.25 ± 0.07 a	83.60 ± 4.30 ab
推荐施肥 Recommended fertilization	26.55 ± 1.59 bc	9.54 ± 0.94 a	1.81 ± 0.17 ab	70.68 ± 6.67 b
推荐施肥+有机水溶肥料 Recommended fertilization+WSF	32.38 ± 1.96 a	10.03 ± 0.97 a	2.21 ± 0.21 a	85.17 ± 3.69 a

注：各处理中，带有不同小写字母的处理在钾素之间差异达显著水平(α = 0.05)，误差为标准差。
Note: Different lowercase letters represent significant differences for potassium at 0.05 level. Error is the standard deviation.

2.4 有机水溶肥料对块茎品质的影响

干物质是衡量植物有机物积累程度、营养成分多少的一个重要指标。马铃薯地下部干重可以反映出其根系的生长情况，同时干物质也是马铃薯块茎产量形成的基础，是衡量马铃薯品质的重要指标之一。

由图2可知，与不施肥相比，农民施肥和推荐施肥的马铃薯块茎干物质分别增加971和1321 kg/hm²，说明施肥可以提高马铃薯块茎干物质的积累。与农民施肥相比，推荐施肥的马铃薯块茎干物重增加了350 kg/hm²，达到显著水平，说明推荐施肥可以明显提高马铃薯块茎干重。与不施肥、农民施肥、推荐施肥相比，配施有机水溶性肥料后马铃薯干物质积累量分别增加676，550和636 kg/hm²，均达显著水平。说明不同的施肥条件下，施用有机水溶性肥料均可以提高马铃薯块茎的干重。

试验结果表明，在不同施肥条件下，配施有机水溶肥料均可促进马铃薯干物质的积累。其中，推荐施肥条件下，配施有机水溶肥料马铃薯块茎的干物质增加的积累量最大。

由图3可知，推荐施肥的淀粉含量最高为65.23%。与不施肥、农民施肥和推荐施肥相比，配施有机水溶肥料后块茎的淀粉含量分别增加4.11 %、1.00%和1.63%。其中推荐施肥条件下，配施有机水溶肥料的块茎淀粉含量最高，为66.29%。试验结果表明，推荐施肥配施有机水溶性肥料的淀粉的含量最高，在不同施肥条件下，施用有机水溶肥料均有利于块茎淀粉的积累。

马铃薯块茎中含有丰富的维生素类物质，其中维生素C主要以抗坏血酸和脱氢抗坏血酸两种形式存在，是衡量马铃薯块茎品质的重要指标之一。由图4可知，与不施肥、农民施肥、推荐施肥相比，配施有机水溶肥料后的马铃薯块茎维生素

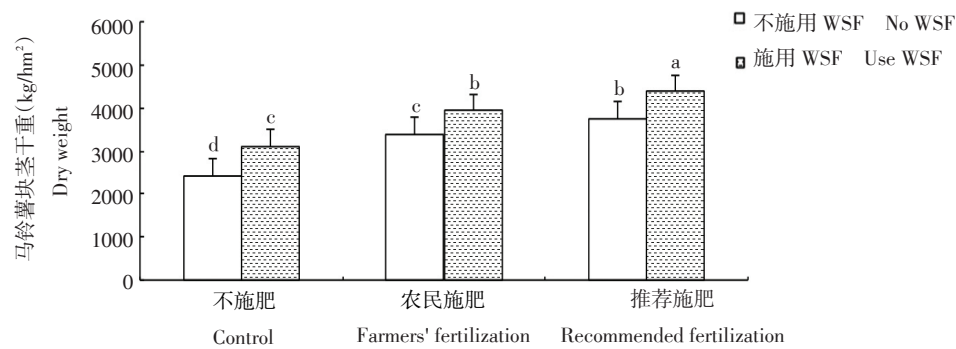


图2 有机水溶肥料与无机肥料配施对马铃薯块茎干物质重量的影响

Figure 2 Effects of water-soluble organic fertilizer used with chemical fertilizer on dry weight of potato tubers

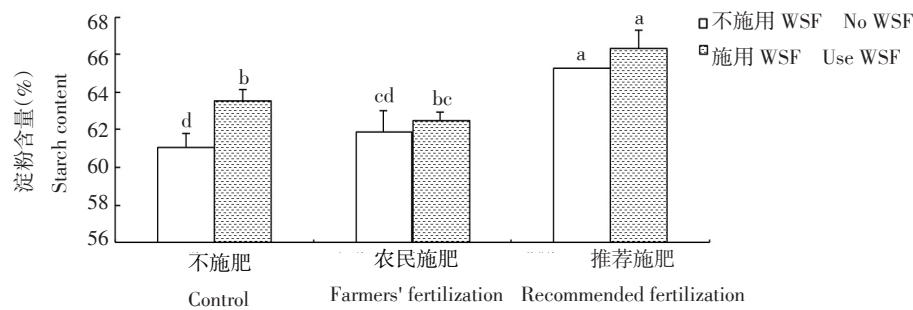


图3 有机水溶肥料与无机肥料配施对马铃薯淀粉含量的影响

Figure 3 Effects of water-soluble organic fertilizer used with chemical fertilizer on starch content of potato tubers

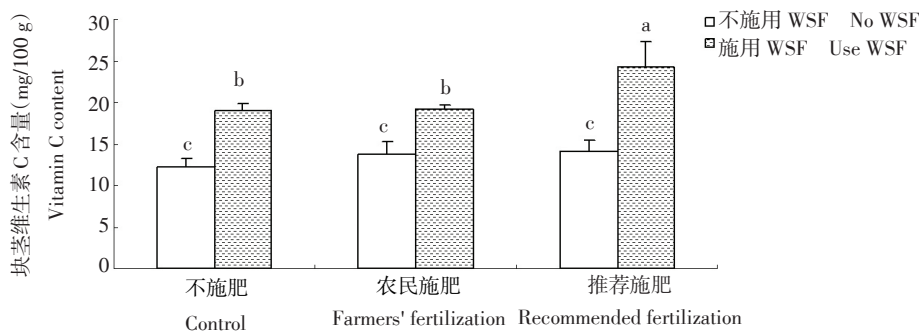


图4 有机水溶肥料与无机肥料配施对马铃薯维生素C含量的影响

Figure 4 Effects of water-soluble organic fertilizer used with chemical fertilizer on vitamin C content of potato tubers

C 含量分别提高 6.82%、10.22 %、5.41%。其中推荐施肥配施有机水溶肥料的块茎维生素 C 含量为 24.23%，相比农民施肥配施有机水溶肥料的块茎维生素 C 含量高 5.10 mg/100 g。试验说明，在不同施肥条件下，施用有机水溶肥料可以提高块茎的维生素 C 含量，其推荐施肥条件下，施用有机水溶肥料可显著提高块茎的维生素 C 含量。

可溶性糖是干旱胁迫诱导的小分子溶质之一，是植物维持生命活动的重要能量物质。由图 5 可知，与不施肥、农民施肥、推荐施肥相比，配施有机水溶肥后块茎可溶性糖含量分别增加 0.15%、0.20%、0.13%，达到显著水平。其中推荐施肥条件下，施用有机水溶肥料后块茎的可溶性糖含量最高为 1.32%。试验结果表明，有机水溶肥料与无机

肥料配施可以提高块茎的可溶性糖含量。

2.5 施用有机水溶肥料对马铃薯叶绿素含量的影响

由表6可知, 各处理的叶绿素含量随生育期的推进, 均呈下降的趋势。与不施肥、农民施肥、推荐施肥相比, 配施有机水溶肥料后马铃薯叶绿素含量分别增加 1.64%~2.51 %、1.26%~7.05%、0.99%~4.81%。在推荐施肥条件下, 配施有机水溶

肥料的马铃薯叶绿素含量最高, 且块茎形成期施用有机水溶肥料可显著提高马铃薯叶绿素含量。试验结果表明, 在不同施肥条件下, 配施有机水溶肥料均可以提高马铃薯的叶绿素含量, 促进植株对养分的吸收。其推荐施肥条件下配施有机水溶肥料是提高马铃薯叶绿素含量, 延缓叶片衰老的重要农艺措施之一。

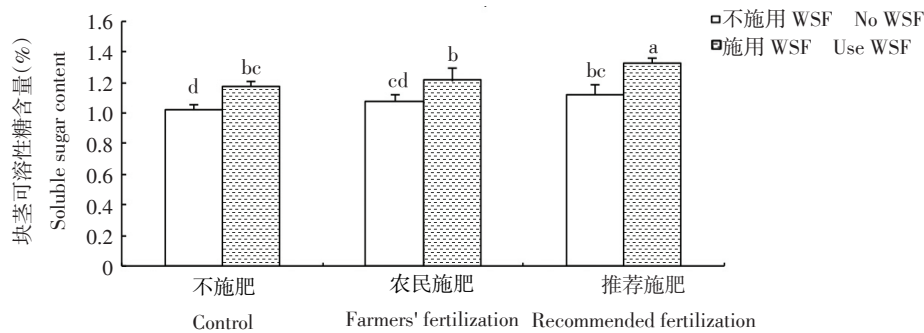


图5 有机水溶肥料与无机肥料配施对马铃薯可溶性糖含量的影响

Figure 5 Effects of water-soluble organic fertilizer used with chemical fertilizer on soluble sugar content of potato tubers

表6 有机水溶肥料与无机肥料配施对马铃薯叶绿素含量的影响

Table 6 Effects of water-soluble organic fertilizer used with chemical fertilizer on the chlorophyll content of potato

处理 Treatment	叶绿素含量(SPAD值) Chlorophyll content (SPAD value)		
	块茎形成期 Tuber initiation	块茎膨大期 Tuber bulking	块茎成熟期 Tuber maturity
不施肥 Control	49.25 ± 1.35 c	44.99 ± 2.43 b	42.76 ± 1.98 b
不施肥+有机水溶肥料 Control+WSF	50.06 ± 1.46 bc	46.12 ± 1.24 ab	43.64 ± 1.80 ab
农民施肥 Farmers' fertilization	51.10 ± 1.16 bc	45.68 ± 1.89 ab	43.78 ± 1.51 ab
农民施肥+有机水溶肥料 Farmers' fertilization+WSF	53.56 ± 1.21 a	46.13 ± 2.79 a	44.70 ± 1.50 a
推荐施肥 Recommended fertilization	51.22 ± 1.85 b	46.91 ± 2.37 ab	44.13 ± 1.32 ab
推荐施肥+有机水溶肥料 Recommended fertilization+WSF	54.83 ± 2.03 a	47.50 ± 2.90 a	45.32 ± 2.01 a

3 讨 论

近些年来, 中国的化学肥料施用量不断增加, 显著的提高了蔬菜的产值。调查显示, 化学肥料占肥料市场的90%, 而其他肥料约占10%^[5]。化肥的施用大大促进了中国农业经济的快速发展。马铃薯是需肥量较大的作物, 氮磷钾在马铃薯的整个生长发育的过程中都起着十分重要的作用。氮磷钾营养充足时, 能促使马铃薯的生长发育, 特别是茎叶的生长, 可以显著提高马铃薯的

产量。本试验中, 与不施肥相比, 农民施肥和推荐施肥马铃薯的产量分别增加36.68%和42.44%。胡霁堂^[6]研究显示, 增施钾肥可使马铃薯块茎中淀粉含量由53%提高到66%。与不施肥相比, 农民施肥和推荐施肥马铃薯的叶绿素含量、块茎干物质含量、淀粉含量、维生素C含量、可溶性糖含量均有一定幅度的增加, 说明施肥对于马铃薯具有十分重要的意义。

但是, 化肥的不合理施用也带来肥料利用率降低、食品中硝酸盐等有害物质增加等问题^[7]。郭

国平等^[8]对宿豫县蔬菜施肥现状的调查表明, 宿豫县蔬菜施氮肥(N)达到 1 026.45 kg/hm², 磷肥(P₂O₅) 420.75 kg/hm², 钾肥(K₂O) 150.75 kg/hm², 其中氮肥、磷肥过量、钾肥不足, 导致蔬菜产量难以提高。武淑霞等^[9]报道, 有机肥、无机肥、生物肥相结合施用, 可减低蔬菜中的硝酸盐、亚硝酸盐含量, 提高维生素C含量, 从而提高蔬菜的品质。在本试验中, 农民施肥的产量和推荐施肥的产量没有明显差异, 但是农民施肥的氮肥用量是推荐施肥的3倍, 说明湖北襄阳地区马铃薯的氮磷钾比例不协调, 氮肥的大量施用, 导致氮肥的利用率降低, 马铃薯的品质下降, 并且增加了农民的经济成本。因此, 在现代农业生产中要合理控制氮磷钾肥的施用, 避免肥料的浪费、品质下降等问题的出现, 同时要有机肥料与无机肥料配合施用以提高马铃薯的品质。

有机水溶性肥料根据作物生长特性来设计, 含有作物生长所需的氮、磷、钾、钙、镁、硫以及螯合态微量元素, 且各元素分配均衡。王海泉等^[10]研究发现, 在马铃薯盛蕾期叶面喷施微量元素Cu、Mn、B、Zn配合液, 可降低株高1.4~2.1 cm, 增加茎粗0.5~0.7 cm, 提高了光合速率以及淀粉含量, 使产量增加11%, 主要原因是有机水溶性肥料能够有效提高马铃薯的养分吸收能力, 补充微量元素, 提高马铃薯的光合作用能力, 促进马铃薯的生长发育, 从而达到增产增收的效果。本试验中也有类似的结果, 与不施肥、农民施肥和习惯施肥相比, 配施有机水溶肥料后马铃薯叶片叶绿素含量增加0.99%~7.05%, 氮、磷、钾养分积累量分别增加1.29~9.55 kg/hm²、0.03~0.32 kg/hm²、1.70~5.83 kg/hm², 说明有机水溶肥料可以提高马铃薯的叶绿素含量, 从而提高马铃薯光合效率, 促进马铃薯的生长发育。刘卫平和刘和平^[11]研究表明, 在马铃薯的苗期、现蕾期、开花期叶面喷施水溶性肥料3次, 可促进植株生长健壮, 叶片浓绿, 根系发达, 提高了马铃薯淀粉含量, 并有显著增产效果。在不施肥、农民施肥和推荐施肥处理下, 配施有机水溶肥

料后马铃薯产量增加7.07%~23.76%。其中推荐施肥配施有机水溶肥料的马铃薯产量最高达25 470 kg/hm², 相比推荐施肥, 增产率为10.22%, 达到显著水平。从经济效益上来看, 相比不施肥、农民施肥和推荐施肥, 配施有机水溶性肥料后马铃薯纯收入提高1 329~3 615元/hm², 产投比为6.54~16.06。特别是推荐施肥配施有机水溶性肥料后, 达到最高产的同时也达到了良好的经济效益, 其产投比为9.84。说明推荐施肥配施有机水溶性肥料是提高农民经济效益的重要农艺措施之一。相比不施肥、农民施肥和推荐施肥处理, 其配施有机水溶肥料后块茎干物质含量增加16.14%, 淀粉含量、维生素C含量、可溶性糖含量均增加。试验结果表明, 有机水溶肥料可以显著改善马铃薯的品质, 提高马铃薯的产量, 从而提高农民的经济效益。

[参 考 文 献]

- [1] 张勇, 洪果, 郭光理, 等. 襄阳区马铃薯产业发展现状与展望[J]. 中国马铃薯, 2011, 25(1): 55-57.
- [2] 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.
- [3] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [4] 李合生, 孙群, 冯长春, 等. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [5] 袁洋. 肥料的科学生产与施用[J]. 磷肥与复肥, 2010, 25(1): 69-71.
- [6] 胡霁堂. 植物营养学(下册)[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003.
- [7] 于广武, 何长兴, 齐长明, 等. 肥料施用中的问题及平衡施肥[C]. 全国第11届磷复(混)肥生产技术交流会议论文集, 2006.
- [8] 郭国平, 孟善民, 丁成, 等. 宿豫县蔬菜施肥现状、存在问题及对策[J]. 磷肥与复肥, 2001, 16(4): 68-69.
- [9] 武淑霞, 张中林, 金维续. 利用无土栽培研究不同肥料对蔬菜产量与品质的影响[J]. 华北农学报, 2004, 19(1): 97-101.
- [10] 王海泉, 朱继强, 汪建学, 等. 微量元素与植物生长调节剂配合对马铃薯生理指标及产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2005(5): 19-20.
- [11] 刘卫平, 刘和平. 叶面肥依尔对马铃薯产量和品质的影响[J]. 杂粮作物, 2001(4): 42.