广东农业科学 2017，44（3）：23-29
Guangdong Agricultural Sciences doi：10.16768/j.issn.1004-874X.2017.03.004

黄美华，冯剑，徐鹏举，等 . 磷肥用量对广东冬作马铃薯产量、效益及品质的影响［J］. 广东农业科学，2017，44（3）：23-29.

磷肥用量对广东冬作马铃薯产量、效益及品质的影响

黄美华[1,2]，冯　剑[3]，徐鹏举[4]，张新明[3]，王　凯[2]，贺春喜[5]，陈　洪[6]，曹先维[2]

（1. 肇庆市农业科学研究所，广东 肇庆 526000；2. 华南农业大学园艺学院，广东 广州 510642；3. 华南农业大学资源环境学院，广东 广州 510642；4. 惠东县农业技术推广中心，广东 惠东 516300；5. 惠东县奕达农贸有限公司，广东 惠东 516300；6. 惠州市科学技术局，广东 惠州 516003）

摘　要：为明确广东省冬作马铃薯的适宜磷肥用量，设置 4 个磷肥用量水平 0、45.0、90.0、135.0 kg/hm^2，以 P0、P1、P2 和 P3 表示，在惠东县平海镇采用大田试验研究不同磷肥用量对马铃薯产量、经济效益、品质及块茎氮磷钾积累量的影响。结果表明：P1 处理块茎总产量（57 576.0 kg/hm^2）和商品薯产量（55 848.7 kg/hm^2）均较高，分别比 P0 处理显著提高 16.2 % 和 16.6 %，较 P3 处理显著提高 8.9 % 和 8.5 %；P1 处理块茎总产值和经济效益也较高，分别较 P0 处理显著提高 16.5 % 和 20.9 %，较 P3 处理显著提高 8.6 % 和 11.3 %；P1 处理淀粉产量、粗蛋白含量和维生素 C 含量均较高。不同磷肥用量的块茎氮磷钾含量和氮磷积累量之间无显著差异。综合试验结果可知，P_2O_5 45 kg/hm^2 是本试验条件下适宜的施磷量。

关键词：冬作马铃薯；磷肥；产量；经济效益；品质

中图分类号：S532；S143.3　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1004-874X（2017）03-0023-07

Effects of different dosages of phosphate fertilizer on yield, economic benefits and quality of winter potato in Guangdong province

HUANG Mei-hua[1,2], FENG Jian[3], XU Peng-ju[4], ZHANG Xin-ming[3], WANG Kai[2], HE Chun-xi[5], CHEN Hong[6], CAO Xian-wei[2]

（1.*Zhaoqing Institute of Agricultural Science*, *Zhaoqing* 526000, *China*;
2.*College of Horticulture*, *South China Agricultural University*, *Guangzhou* 510642, *China*;
3.*College of Natural Resources and Environment*, *South China Agricultural University* , *Guangzhou* 510642, *China*;
4.*Huidong Agricultural Technology Extension Center*, *Huidong* 516300, *China*;
5.*Huidong Yida Farming & Trading Co., Ltd*, *Huidong* 516300, *China*;
6.*Huizhou Science and Technology Bureau*, *Huizhou* 516003, *China*）

Abstract: In order to determine the suitable application rate of phosphate fertilizer for winter potato in Guangdong province, four phosphate dosages were designed in the field experiment to probe into the effects of different dosages of phosphate fertilizer on the yield, economic benefits, quality and NPK accumulation amounts in potato tubers in Pinghai Town, Huidong County. Four phosphate dosages（treatments）were 0, 45.0, 90.0 and

收稿日期：2016-12-16

基金项目：国家现代农业产业技术体系专项（CARS-10-ES14）；国家农业科技成果转化资金项目（SQ2013ECE000016）

作者简介：黄美华（1988-），女，硕士，助理农艺师，E-mail：635878413@qq.com

通讯作者：曹先维（1962-），男，硕士，研究员，E-mail：caoxw@scau.edu.cn.

135.0 kg/hm^2, marked as P0, P1, P2, P3, respectively, with each treatment being replicated three times by using completely random block design. The related physiological indices were detected after maturing of potato tubers, the results showed that: (1) Both total tuber yield (57 576.0 kg/hm^2) and marketable yield (55 848.7 kg/hm^2) of P1 treatment were higher, being 16.2% and 16.6% higher than those of P0 treatment, and significantly higher than those of P3 by 8.9% and 8.5%, respectively; (2) Both total tuber output value and economic benefits of P1 treatment were also higher, which significantly increased by 16.5% and 20.9% over P0, and significantly increased by 8.6% and 11.3% of P3, respectively; (3) Higher potato tuber starch production, crude protein content and Vc level were detected in P1 treatment as well. The results also showed that, no significant differences in N, P and K contents, N and P accumulation amounts were found among different dosages of phosphate fertilizer. According to the comprehensive effects of considered treatments on yield, economic benefits and quality indices, 45 kg (P_2O_5) /hm^2 was the suitable application rate of phosphate fertilizer under the experiment conditions.

Key words: winter potato; phosphate fertilizer; yield; economic benefits; quality

马铃薯（*Solanum tuberosum* L.）俗称土豆或山药，属茄科茄属一年生植物，食用部分为地下块茎，具有粮菜、饲料和工业原料等用途。南方冬作区面积仅占全国总种植面积的 3% 左右，但由于种植规模小，农民种植比较精细化，栽培技术水平较高，且收获时间在 2～3 月份，属全国马铃薯鲜薯上市的淡季，产品供不应求[1]。广东地区形成的“稻－稻－薯”水旱轮作体系，可有效地利用冬闲稻田种植马铃薯，提高土地利用率，同时水稻与马铃薯水旱轮作也可防止一部分土传病害的发生，改善土壤理化性质；收获后的马铃薯茎叶大部分直接留田，又可作为下一季绿肥回田，有利于提高土壤肥力，对后季水稻具有明显增产效果，既提高了经济效益，又符合农业可持续发展战略，具有明显的社会和生态效益。据统计，2013 年广东省冬作马铃薯种植面积为 4.05 万 hm^2，单产为 21 000 kg/hm^2，总产 85 万 t[1]。2010—2014 年，惠州市马铃薯种植面积稳居全省首位，其中惠东县种植面积约 0.86 万 hm^2，占全省总种植面积的 21.2%，是我省马铃薯出口的主要基地县之一，该县马铃薯订单农户达 2.5 万户，面积达 0.62 万 hm^2，占全省马铃薯订单农业的 30% 以上[2]，是最具发展潜力的基地县。

在马铃薯体内无机元素中，磷素含量仅次于钾素，占全部无机元素含量的 7.0%～10.0%，占总干物质含量的 0.4%～0.8%。磷对块茎的形成以及块茎淀粉的积累都具有良好的促进作用，还可促进块茎成熟，缓解由于施氮过多而引起的晚熟现象，从而提高块茎产量[3-4]。但若磷肥过量，同样会降低产量和品质，且对锌和其他微量元素的吸收产生一定影响[4]，因此选择合适的磷肥供应量是提高马铃薯产量和品质的关键因素之一。目前惠东地区农民施肥技术上存在严重问题，主要表现为重施磷肥、轻施钾肥、氮磷钾肥配比不合理[6]。惠东县马铃薯主产区水稻土中有效磷含量已达到较高水平[7]，如不注意磷肥施用势必会造成浪费，且作物未能吸收的磷肥随雨水流到湖泊，造成水体富营养化，污染环境。因此有必要通过探索适宜惠东地区马铃薯生产的磷肥用量，达到合理用肥、减少成本和降低污染的目的，进而为惠东县冬作马铃薯磷肥施用技术提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2014 年 11 月至 2015 年 3 月在广东省惠东县平海镇进行。供试土壤为水稻土，土壤理化性质：有机质 15.7 g/kg、碱解氮 94.8 mg/kg、有效磷 120.7 mg/kg、速效钾 108.7 mg/kg。供试马铃薯品种：费乌瑞它（张家口雪川农业发展有限公司提供的合格一级脱毒种薯），种薯切块后 20～30 min 内用混合粉剂（2.5 kg 70% 甲基托布津可湿性粉剂加 0.2 kg 72% 的农用链霉素均匀拌入 47.3 kg 滑石粉制成）均匀拌于切面进行伤口消毒，种薯和混合粉剂用量为 50∶1；供试肥

料：过磷酸钙（P_2O_5，12%）、尿素（N，46%）、硫酸钾（K_2O，50%）、氯化钾（K_2O，60%）、有机肥（腐熟鸡粪，N 30.3 g/kg、P_2O_5 21.1 g/kg、K_2O 27.0 g/kg）。

1.2 试验方法

采用单因素 4 水平随机区组试验，其中磷（P_2O_5）肥用量为 0、45.0、90.0、135.0 kg/hm^2，分别以 P0、P1、P2 和 P3 表示。每个处理 3 次重复，随机区组排列，小区面积 19.14（5.8 × 3.3）m^2，每小区 3 垄，其中一垄作为采样区，其余两垄作为测产区。利用稻草覆盖高垄双行栽培。氮、钾和有机肥用量保持一致，分别为 240、312、9 000 kg/hm^2。各处理肥料用量见表 1。播种时施入基肥和全部有机肥，氮磷钾基肥比例（占总肥料百分比）依次为 40%、60%、40%。剩余肥料用于 4 次追肥，其中氮追肥比例依次为 15%、20%、15% 和 10%；磷追肥比例为 10%、10%、10% 和 10%；钾追肥比例为 5%、10%、20% 和 25%。第 1 次追肥时间为齐苗 3 d 后，此后每隔 7 d 追施 1 次。

表 1 磷肥施用试验各处理肥料用量（kg/hm^2）

处理	有机肥	氮（N）	磷（P_2O_5）	钾（K_2O）
P0	9000	240	0	312
P1	9000	240	45.0	312
P2	9000	240	90.0	312
P3	9000	240	135.0	312

注：氮、磷、钾肥用量以纯养分计算。

马铃薯收获后对块茎进行分级，计算块茎商品薯率和次品薯，商品薯标准为：单个薯大于或等于 75 g，无畸形、无病、无虫蛀、无裂口等；次品薯标准为：单个薯小于 75 g、裂薯和畸形薯。收获时采集有代表性的块茎作为样品，测鲜重，150℃烘 30 min 杀青，75℃烘至恒重，测干重，粉碎，置于密封袋保存供分析测定。取 0.200 g 样品进行浓 H_2SO_4–H_2O_2 消煮，将消煮液保存至样品瓶中待测氮磷钾。氮采用浓 H_2SO_4–H_2O_2 消化—奈氏比色法测定；磷采用浓 H_2SO_4–H_2O_2 消化—钼锑抗比色法测定；钾采用浓 H_2SO_4–H_2O_2 消化—火焰光度法测定；淀粉采用碘比色法测定；Vc 含量采用固蓝盐比色法测定；土壤理化性质采用常规方法进行测定。

具体分析方法参照《土壤农化分析》[8]和《马铃薯试验研究方法》[9]。

试验数据采用 DPS 8.01 统计软件[10]和 Excel2007 软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 磷肥用量对冬作马铃薯产量的影响

从表 2 可以看出，随着磷肥用量提高，总产量和商品薯产量变化范围分别为 49 533.4 ~ 57 576.0 kg/hm^2 和 47 898.8 ~ 55 848.7 kg/hm^2。施磷肥处理块茎总产和商品薯产量显著高于不施磷肥处理。马铃薯块茎总产量和商品薯产量表现均为：P1>P2>P3>P0。P1 处理总产量和商品薯产量均显著高于 P0、P3 处理；P1、P2、P3 处理总产量分别较 P0 处理增产 16.2%、12.0% 和 6.7%；而 P1 处理分别较 P2、P3 处理提高 3.8%、8.9%。P1 处理商品薯产量最高，其

表 2 磷肥用量对马铃薯总产及商品薯产量的影响

处理	总产量（kg/hm^2）	比 P0 增产（%）	商品薯产量（kg/hm^2）	比 P0 增产（%）	商品薯率（%）
P0	49533.4 ± 848.98c		47898.8 ± 820.96c		96.7 ± 0.29a
P1	57576.0 ± 119.77a	16.2	55848.7 ± 116.17a	16.6	97.0 ± 0.22a
P2	55480.1 ± 776.65a	12.0	54148.5 ± 758.01a	13.0	97.6 ± 0.26a
P3	52855.6 ± 1045.09b	6.7	51481.3 ± 1017.91b	7.5	97.4 ± 0.37a

注：同列数据后小写英文字母不同者表示差异显著，表 4 ~ 表 6 同。商品薯率（%）= 商品薯产量 / 鲜薯总产量 × 100。

次是 P2 处理，两者较 P0 处理分别提高 16.6% 和 13.0%；P1 处理较 P2、P3 处理分别提高 3.1% 和 8.5%。施磷肥处理商品薯率均高于不施磷肥处理，但各处理间无显著差异。试验结果表明适宜的磷肥用量可提高马铃薯块茎总产量、商品薯产量及商品薯率。

2.2 磷肥用量对冬作马铃薯经济效益的影响

表 3 为各处理成本核算，随磷肥用量提高，P0 ~ P3 处理总投入逐渐提高，P1、P2、P3 处理较 P0 处理分别提高 0.9%、1.7% 和 2.6%。

由表 4 可知，各处理总产值和经济效益变化范围分别为 115 774.5 ~ 134 900.6、90 341.3 ~ 109 242.4 元 /hm^2。施磷肥处理块茎总产和经济效益显著高于不施磷肥处理。各处理块茎总产值和经济效益大小排序均为：P1>P2>P3>P0。P1 处理块茎总产值和经济效益显著高于 P0、P3 处理。P1、P2、P3 处理总产值较 P0 处理分别提高 16.5%、12.8% 和 7.3%；而 P1 处理总产值较 P2、P3 处理分别提高 3.3%、8.6%。P1、P2、P3 处理经济效益较 P0 处理分别提高 20.9%、15.9% 和 8.6%；而 P1 处理经济效益较 P2、P3 处理分别提高 4.3%、11.3%。

表 3　不同磷肥用量的成本核算（元 /hm^2）

处理	种薯	农药	有机肥	氮（N）	钾（K_2O）	磷（P_2O_5）	合计
P0	9000	3190	9000	1248.0	2995.2	0	25433.2
P1	9000	3190	9000	1248.0	2995.2	225.0	25658.2
P2	9000	3190	9000	1248.0	2995.2	442.5	25875.7
P3	9000	3190	9000	1248.0	2995.2	675.0	26108.2

注：按纯养分价格计算，氮（N）5.2 元 /kg，钾（K_2O）9.6 元 /kg，磷（P_2O_5）5 元 /kg，有机肥 1 元 /kg。

表 4　磷肥用量对马铃薯总产值和经济效益的影响

处理	总产值（元 /hm^2）	比 P0 提高（%）	经济效益（元 /hm^2）	比 P0 提高（%）
P0	115774.5 ± 1984.3c		90341.3 ± 1984.3c	
P1	134900.6 ± 280.6a	16.5	109242.4 ± 280.6a	20.9
P2	130622.2 ± 1828.6a	12.8	104746.5 ± 1828.5a	15.9
P3	124242.3 ± 2456.6b	7.3	98134.1 ± 2456.6b	8.6

注：商品薯按 2.4 元 /kg，次品薯按 0.5 元 /kg 计算。总产值（元 /hm^2）= 商品薯产量 ×2.4+ 次品薯产量 ×0.5。

2.3 磷肥用量对冬作马铃薯块茎品质的影响

从表 5 可以看出，各处理淀粉产量和粗蛋白含量分别在 8 170.8 ~ 10 275.9 kg/hm^2、1.36% ~ 1.92% 之间，大小排序均为：P1>P2>P3>P0。P1 处理淀粉产量较 P0、P2、P3 处理分别提高 25.8%、7.2%、13.5%，与 P0、P3 处理差异显著。P1 处理粗蛋白含量较 P0、P2、

表 5　磷肥施用量对马铃薯块茎品质的影响

处理	淀粉产量（kg/hm^2）	淀粉含量（%）	粗蛋白含量（%）	维生素 C（mg/100g）
P0	8170.8 ± 234.80c	14.00 ± 0.37a	1.36 ± 0.08b	12.77 ± 0.13c
P1	10275.9 ± 351.20a	13.86 ± 0.62a	1.92 ± 0.07a	14.22 ± 0.06a
P2	9582.6 ± 391.16ab	13.37 ± 0.49a	1.75 ± 0.05a	13.55 ± 0.06b
P3	9051.4 ± 275.69bc	14.80 ± 0.36a	1.43 ± 0.04b	14.11 ± 0.13ab

P3 处理分别提高 41.2%、9.7%、34.2%，与 P0、P3 处理差异显著。P1、P2 处理淀粉含量较低，P0、P3 处理较高，但各处理间无显著差异。施用磷肥处理维生素 C 含量显著高于不施磷肥处理，P1 处理显著高于 P2 处理。可见，P1 处理马铃薯块茎品质较优，淀粉产量、粗蛋白含量和维生素 C 含量均较高

2.4　磷肥用量对冬作马铃薯收获块茎氮、磷、钾积累量和浓度的影响

从表 6 可以看出，P2、P3 处理氮素积累量较高，P2 处理磷素积累量较高，但各处理间氮素和磷素积累量均无显著差异。施磷肥对马铃薯块茎钾素积累量影响较大，P2 处理钾素积累量最高，与其他处理差异显著；P3 处理钾素积累量也显著高于 P0 处理。P2 处理氮、磷、钾积累量相对较高，比 P0 处理分别提高 8.09%、7.98% 和 28.17%。磷肥施用量对马铃薯块茎氮磷钾素浓度影响不显著。P0、P3 处理收获的马铃薯块茎氮素浓度较高，P0 处理磷素浓度较高，P2 处理钾素较高，但各处理间氮、磷、钾素浓度均无显著差异。

表 6　磷肥用量对马铃薯收获块茎氮、磷、钾素积累量和浓度的影响

处理	积累量（kg/hm²）			浓度（g/kg）		
	氮（N）	磷（P_2O_5）	钾（K_2O）	氮（N）	磷（P_2O_5）	钾（K_2O）
P0	138.14 ± 6.25a	22.83 ± 1.48a	176.76 ± 3.56c	13.24 ± 0.94a	2.19 ± 0.20a	16.93 ± 0.78a
P1	136.93 ± 9.23a	21.97 ± 0.36a	185.22 ± 4.46bc	11.50 ± 0.91a	1.84 ± 0.04a	15.58 ± 0.94a
P2	149.32 ± 5.77a	24.65 ± 1.22a	226.54 ± 9.12a	11.99 ± 0.76a	1.99 ± 0.21a	18.27 ± 1.74a
P3	150.74 ± 1.28a	22.38 ± 1.44a	195.67 ± 2.58b	13.35 ± 0.13a	1.98 ± 0.11a	17.34 ± 0.46a

3　结论与讨论

农业种植中，磷肥的作用极其重要，适宜的磷肥施用量可增加产量，但磷肥施用过量会导致作物产量不再增加，甚至减产[11-12]。磷肥施用量对马铃薯块茎品质也有很大影响[13-15]。本试验结果表明：当 P_2O_5 用量为 45.0 kg/hm² 时，总产量、商品薯产量、淀粉产量及经济效益最高，分别达到 57 576.0、55 848.7、10 275.9 kg/hm² 和 109 242.4 元 /hm²；虽然 P_2O_5 用量提高到 90.0 kg/hm² 时，商品薯率达到最高（97.6%），但产量和经济效益低于施用 45.0 kg/hm²。磷肥用量对粗蛋白含量的影响也很显著，P_2O_5 用量 45.0 kg/hm² 时，粗蛋白含量较高，达 1.92%，相对于不施磷肥的对照提高了 41.2%，相对于施用 135.0 kg/hm² 时提高 34.2%；磷肥施用量为 0、135.0 kg/hm² 时，淀粉含量较高，施用量为 45、90 kg/hm² 时，淀粉含量较低。施用磷肥可提高收获块茎 Vc 含量，P_2O_5 用量 45.0 kg/hm² 时，Vc 含量最高。磷肥用量为 90.0 kg/hm² 时，块茎钾素积累量与其余处理呈显著差异，但块茎氮磷的积累量和氮磷钾的浓度无显著影响。本试验条件下，惠东地区 P_2O_5 施用量为 45.0 kg/hm² 时，可获得较高产量和经济效益，且块茎品质也相对较好。

本试验产量、商品薯率及蛋白质含量变化趋势与张静等[16]研究结果一致，而淀粉含量变化规律则与张静等[16]和岳红丽等[15]研究结果不一致，其结果是随磷肥用量提高，马铃薯淀粉含量呈单峰曲线变化。造成以上不同结果的原因可能是本试验属冬作马铃薯，相对北方一季作区，生育期较短，且无现蕾开花期。磷肥适宜时，植株生长速度较快，且块茎膨大期较长，成熟期缩短，导致无充足的时间完成成熟期，淀粉积累少。磷肥不足，生育期相对较短，后期时间充足，故淀粉积累较多。

磷肥有促进马铃薯成熟的作用，磷肥过量时，成熟期会提前[17]，故淀粉积累也较高。虽然惠东地区土壤磷素含量较高，但马铃薯是典型的浅根系作物，磷素吸收能力较弱[18-19]，故适当补充磷肥，能提高马铃薯对磷素的吸收，提高产量和品质。由于各地土壤肥力水平不一，适宜磷肥用量从 60 ~ 180 kg/hm^2 均有见报道[12-13、16、20-21]，但总体趋势是：随着土壤速效磷含量（变化范围：1.1 ~ 28 mg/kg）越高，适宜磷肥用量就越少。广东地区水稻土速效磷含量已偏高[7]，本试验播种前土壤速效磷含量为 120.7 mg/kg，故适宜磷肥用量相对其他低磷地区低。本试验施肥量及施肥时期是针对费乌瑞它品种，至于对其他品种是否适宜还需进一步研究。磷肥用量、基追肥比例及追肥时间均可影响马铃薯磷素吸收[22]，但惠东地区关于磷肥施用情况对马铃薯磷素吸收、产量和品质的影响报道较少，故此领域的研究空间较大。

参考文献：

[1] 曹先维，张新明，陈洪，等. 南方冬作区马铃薯产业发展现状和技术特点及需求分析//2014年中国马铃薯大会[C]. 中国黑龙江大兴安岭加格达奇，2014.

[2] 古秋霞，林群，黄修杰，等. 2015年广东马铃薯产业发展形势与对策建议[J]. 广东农业科学，2016，43(3)：21-24.

[3] Gahoonia T S，Nielsen N E. Barley genotypes with long root hairs sustain high grain yields in low-P field[J]. Plant and Soil，2004，262(1)：78-90.

[4] Kelling K A，Rosen C J，Stark J C，et al. Proceedings from the 2012 PAA Symposium：Potato Phosphorus Management and Utilization for Today and Tomorrow[J]. American Journal of Potato Research，2014，91(2)：45-67.

[5] Stark J T，Westermann D. Potato nutrient management[M]. Lapambert Academic Publishing，2003.

[6] 张洪秀，陈洪，曹先维，等. 惠东县冬作马铃薯施肥状况调查分析[J]. 广东农业科学，2011，11(22)：53-55.

[7] 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(16)：51-53.

[8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京：中国农业出版社，2000.

[9] 田丰，张永成. 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] Tang Q，Zhang C. Data Processing System(DPS) software with experimental design，statistical analysis and data mining developed for use in entomological research[J]. Insect science，2013，20(2)：254-260.

[11] 何金明，高峻岭，宋克光，等. 磷肥用量对番茄产量、磷素利用及土壤有效磷的影响[J]. 中国农学通报，2016(31)：40-45.

[12] 李前，侯云鹏，高军，等. 不同供磷水平对水稻干物质累积、磷素吸收分配及产量的影响[J]. 吉林农业科学，2015(3)：37-41.

[13] 王婉清. 宁夏雨养区施磷量对马铃薯养分吸收及产量品质的影响[D]. 银川：宁夏大学，2016.

[14] 尹梅，王贵宝，洪丽芳，等. 磷钾肥对云南旱作马铃薯产量和养分吸收的影响[J]. 干旱地区农业研究，2015，33(1)：91-97.

[15] 岳红丽. 施磷与覆膜对滴灌马铃薯磷素吸收利用及产质量的影响[D]. 呼和浩特：内蒙古农业大学，2013.

[16] 张静，蒙美莲，王颖慧，等. 氮磷钾施用量对马铃薯产量及品质的影响[J]. 作物杂志，2012，12(4)：124-127.

[17] Jenkins P D，Hakoomat A L I. Growth of potato cultivars in response to application of phosphate fertiliser[J]. Annals of Applied Biology，2008，

135(1): 431–438.

[18] Dechassa N, Schenk M K, Claassen N, et al. Phosphorusefficiency of cabbage, carrot and potato[J]. Plant and Soil, 2003, 250: 215–224.

[19] Thornton M K, Novy R G, Stark J C. Improving phosphorus useefficiency in the future[J]. American Journal Potato Research, 2014, 91: 175–179.

[20] 时文建. 磷富集农田冬作马铃薯“3414”肥效试验//贵州省土壤学会2012年学术研讨会论文集[A]. 贵州省土壤学会, 2012.

[21] 黄凯, 张俊莲, 王蒂, 等. 陇中半干旱区施磷与补水对全膜覆盖马铃薯产量和品质的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2014(5): 70–74.

[22] 邢海峰, 石晓华, 杨海鹰, 等. 磷肥分次滴灌施用提高马铃薯群体磷素吸收及磷利用率的作用[J]. 植物营养与肥料学报2015, 21(4): 987–992.

(责任编辑　白雪娜)