

化肥减施下不同肥料对冬作马铃薯产量和经济效益的影响

官利兰^{1,2}, 冯锦乾³, 何艺超¹, 陈健章¹, 邝美玲³, 李水源¹, 张新明^{2*}, 冯玉环¹, 岑越彪¹, 冯健超¹ (1. 广东省恩平市农业技术推广服务中心, 广东恩平 510520; 2. 华南农业大学资源环境学院, 广东广州 510642; 3. 江门市农业科学研究所, 广东江门 529000)

摘要 [目的]探讨化肥减施下不同缓释复合肥对冬作马铃薯产量及经济效益的影响。[方法]通过田间试验比较化肥减量施用下冬作马铃薯施用3种不同缓释复合肥之间的差异及缓释复合肥与常规复合肥之间的差异。[结果]3种缓释复合肥处理较无肥对照增产14 243.55~15 833.40 kg/hm²,且可保障马铃薯块茎品质。缓释复合肥2和缓释复合肥3处理利润较常规施肥处理高3 612.3和2 394.9元/hm²。缓释复合肥1、缓释复合肥2、缓释复合肥3处理肥料偏生产力显著高于常规施肥处理,分别较常规施肥处理高20.20、23.68、17.43 kg/kg。[结论]在试验条件下,1 hm²施用1 500 kg缓释复合肥2或缓释复合肥3配合4 500 kg生物有机肥可实现减肥增效。

关键词 冬作马铃薯;缓释复合肥;产量;经济效益;化肥减施

中图分类号 S532 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)11-0142-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2022.11.037

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of Different Fertilizers on Yield and Economic Benefit of Winter Potato under Chemical Fertilizer Reduction

GUAN Li-lan^{1,2}, FENG Jin-qian³, HE Yi-chao¹ et al (1. Guangdong Enping Agricultural Technology Extension Center, Enping, Guangdong 510520; 2. College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642; 3. Jiangmen Institute of Agricultural Sciences, Jiangmen, Guangdong 529000)

Abstract [Objective] The effects of different fertilizers on yield and economic benefit of winter potato under chemical fertilizer reduction were discussed in this paper. [Method] Field experiments were conducted to compare the differences among three different slow release compound fertilizers and the differences between slow release compound fertilizer and conventional compound fertilizer of winter potato under chemical fertilizer reduction. [Result] The yield of three slow release compound fertilizer treatments increased by 14 243.55–15 833.40 kg/hm² compared with the non-fertilizer treatment. There was no significant difference in tuber quality among different treatments. The profit of slow release compound fertilizer 2 treatment and slow release compound fertilizer 3 treatment were 3 612.3 and 2 394.9 yuan/hm² higher than that of conventional fertilization treatment. The partial productivity of slow-release compound fertilizer 1, slow-release compound fertilizer 2 and slow-release compound fertilizer 3 was significantly higher than that of conventional fertilization treatment, which was 20.20, 23.68 and 17.43 kg/kg higher than that of conventional fertilization treatment, respectively. [Conclusion] Under the experimental conditions, the application of 1 500 kg/hm² slow-release compound fertilizer 2 or slow-release compound fertilizer 3 combined with 4 500 kg/hm² biological organic fertilizer could reduce application rate of chemical fertilizer and improve fertilizer efficiency.

Key words Winter potato; Slow release fertilizer; Yield; Economic benefit; Chemical fertilizer reduction

马铃薯是我国继小麦、玉米、水稻后的第四大主粮,适应性广、营养价值高、产业链长,也是广东省主要种植的冬种作物之一。冬作马铃薯是广东省农业增产增效、农民增收的重要途径^[1-2]。广东省利用晚造水稻收割以后的闲置稻田种植马铃薯,不仅提高土地复种指数,还丰富粮食品种结构,对农业发展具有积极意义^[3-4]。广东省马铃薯施肥方法不科学,化肥用量大,尤其是氮肥和磷肥投入过多^[5-6]。马铃薯种植多采用地膜覆盖一次性施肥种植模式,地膜覆盖后不再追肥,基肥为马铃薯生长提供养分的时效可能存在一定问题。为进一步提高广东省冬作马铃薯化学肥料减量施用,提高肥料利用效率,施用缓释复合肥能满足马铃薯黑膜覆盖“一基免追”(即播前只施用基肥后期不再追肥的施肥模式)下马铃薯不同生育期养分需求^[6-7]。缓释复合肥具有养分有效供应期长、利用率高等突出特点,生产上施用缓释复合肥能明显减少施肥次数、降低肥料用量,减轻养分流失对环境的污

染,因此,该类肥料已成为国内外植物营养与肥料科学研究的热点^[8]。

广东省化肥平均施用量达2 289 kg/hm²,与全国科学施肥网马铃薯配方最大施肥量1 770 kg/hm²相比,广东省施肥量超出了29%,从肥料投入量可发现,有至少50%以上的农户存在施肥过多的问题^[5]。黑膜覆盖下,冬作马铃薯施用缓释复合肥总产值和利润分别较普通复合肥处理高1 447 395和15 283.95元/hm²,氮偏生产力高45.04 kg/kg,氮表观利用率高11.65百分点^[9]。缓释复合肥对旱区地膜覆盖马铃薯高产、稳产起到极大的促进作用,同时还能提高肥料利用效率,降低土壤硝态氮积累,减轻施肥对地下水的污染^[10-11]。在黑膜或稻草覆盖条件下,适用于一次性基肥的缓控释肥(或商品有机肥)的品种、适宜的施肥量范围及肥料利用率的提高等技术均是目前广东省马铃薯种植所需求的技术问题^[12]。筛选适合南方冬作区马铃薯黑膜覆盖“一基免追”施肥模式下的缓释肥,既可满足马铃薯需肥规律,又可提高肥料利用率,保护农田生态系统平衡。笔者在恩平市开展化肥减施下不同缓释肥对冬作马铃薯的影响,探讨化肥减施的适用肥料,为广东冬作马铃薯的轻简化栽培高效施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试马铃薯品种为费乌瑞它(favorita),种

基金项目 国家现代农业产业技术体系专项(CARS-9-ES14);国家重点研发计划项目课题一(2018YFD0200801);2020年度广东省科技专项资金(“大专项+任务清单”)项目(江科[2020]182号)。

作者简介 官利兰(1988—),女,广东梅州人,农艺师,硕士,从事养分资源管理研究。*通信作者,副教授,博士,从事土壤肥力与养分资源综合管理研究。

收稿日期 2021-08-09;修回日期 2021-09-29

薯为一级脱毒种薯。供试肥料包括生物有机肥(N 9.3 g/kg, P₂O₅ 49.2 g/kg, K₂O 12.2 g/kg)、国产普通复合肥(15-15-15)、缓释复合肥 1(14-14-14)、缓释复合肥 2(12-11-18)、缓释复合肥 3(14-6-24)等。

1.2 试验地概况 试验在广东省恩平市恩城街道深水村(112°19'34"E, 22°14'17"N)开展,气候类型为南亚热带季风气候,前作为水稻。土壤质地为砂壤土,pH 为 5.21,有机质含量 19.42 g/kg,碱解氮含量 73.54 mg/kg,有效磷(P)含量 68.78 mg/kg,速效钾(K)含量 123.33 mg/kg。

1.3 试验方法 根据等肥料施用量的原则,根据施用肥料种类的不同设置以下处理:无肥(T1)、常规施肥(T2)、缓释复合肥 1(T3)、缓释复合肥 2(T4)、缓释复合肥 3(T5)。常规施肥 1 hm² 施用鸡粪 15 000 kg,国产普通复合肥 2 250 kg;缓释肥处理 1 hm² 施用生物有机肥 4 500 kg,复合肥 1 500 kg。以无肥和常规施肥处理为对照,均采用一次性施肥。

高垄双行种植,随机区组排列,每个处理设 3 个重复,每个小区 3 垄,面积为 39 m²(1.3 m×10 m×3),中间垄为测产垄,每垄 98 株。于 2020 年 11 月 21 日播种,按照已集成的“广东冬种马铃薯高产优质高效栽培关键技术”,进行病虫害防治。

1.4 测定项目与方法 在成熟收获期马铃薯收获后,于测产垄进行商品薯(≥75 g 的无病烂、畸形块茎)、次品薯(包括 <75 g 的小薯;畸形薯等)的分类称重测产,测产后在每小区

测产垄采 5 kg 左右商品薯作为收获分析样品。

将马铃薯块茎切块后分别装入牛皮纸袋放置在 105 ℃ 恒温烘箱中杀青 30 min,后在 75 ℃ 恒温下烘干(4~5 d)至恒重,称重,并记录,计算含水量,粉碎过筛后装入编好的自封袋,放入干燥器保存。

土壤分析:pH 采用酸度计法测定,有机质用重铬酸钾容量法测定,碱解氮采用扩散法测定,速效磷采用钼锑抗比色法测定,速效钾采用火焰光度法^[13]测定。植株分析:Vc 含量采用固蓝 B 盐分光光度法测定,淀粉含量采用碘比色法测定,还原糖采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定,可溶性糖采用蒽酮比色法测定^[14]。

1.5 数据分析 采用 Excel 2010 和 DPS 14.10 软件^[15] 对试验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同肥料对马铃薯总产量、商品薯产量及商品薯率的影响 由表 1 可知,不同施肥处理马铃薯总产量均显著高于不施肥对照,增产 14 243.55~15 833.40 kg/hm²,其中 T4 处理产量最高,而 T3、T4、T5 处理间差异不显著,且与 T2 间无显著差异。商品薯产量规律与总产量一致。T3 处理商品薯率较 T1、T2 处理分别高 20.04、3.41 百分点,与 T4、T5 处理差异不显著。说明试验用 3 种缓释复合肥处理商品薯产量和总产量与常规施肥处理(T2)相当。

表 1 不同肥料对马铃薯总产量、商品薯产量和商品薯率的影响

Table 1 Effects of different kinds of fertilizers on potato yield, commercial potato yield and commercial potato rate

处理 Treatment	总产量 Yield kg/hm ²	增产量 Increment of yield/kg/hm ²	增产率 Increasing rate/%	商品薯产量 Commercial potato yield/kg/hm ²	商品薯率 Commercial potato rate/%
T1	18 846.30±401.56 b	—	—	13 359.00±135.69 b	70.93±1.27 c
T2	33 115.50±1 197.47 a	14 269.20	75.71	29 025.75±1 436.59 a	87.56±1.24 b
T3	33 333.45±548.60 a	14 487.15	76.87	30 320.70±474.88 a	90.97±0.52 a
T4	34 679.70±1 027.33 a	15 833.40	84.01	30 782.25±792.70 a	88.78±0.38 ab
T5	33 089.85±130.11 a	14 243.55	75.58	29 128.35±264.92 a	88.03±1.03 ab

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异达显著水平(P<0.05)

Note: Different lowercase letters in the same column represent significant difference at 0.05 level

2.2 不同肥料对马铃薯经济效益的影响 由表 2 和表 3 可知,各处理肥料成本表现为 T3>T4>T2>T5>T1, T3、T4 较 T2 分别高 8 175、300 元/hm², T5 较 T2 低 3 525 元/hm²。总产值表现为 T2、T3、T4、T5 显著高于 T1, T2、T3、T4、T5 间差异不显著; T3、T4、T5 较 T1 分别高 25 654.05、26 923.20、24 315.60 元/hm²。T5 利润较 T1、T2 分别高 11 490.60、3 612.30 元/hm²; T4 利润显著高于 T1, 与 T2 间无显著差异; T3 与 T1 间差异不显著,且较 T2 低 6 749.25 元/hm²。从经济效益考虑, T5 经济效益较高,其次是 T4, T3 处理不具优势。

2.3 不同肥料对马铃薯块茎品质的影响 由表 4 可知, T3 处理马铃薯干物质含量显著高于 T4、T5、T1 处理, 与 T2 处理间差异不显著。T3、T4 处理还原糖含量显著高于 T1 处理, 与 T2、T5 处理间无显著差异。T3 处理淀粉含量显著高于 T4 处理, 与其他处理差异不显著。各处理可溶性糖和 Vc 含量

差异不显著。

表 2 肥料成本核算

Table 2 Fertilizer cost accounting

处理 Treatment	有机肥 Organic fertilizer	复合肥 Compound fertilizer	合计 Total
T1	0	0	0
T2	6 000	10 350	16 350
T3	6 525	18 000	24 525
T4	6 525	10 125	16 650
T5	6 525	6 300	12 825

注:生物有机肥为 1.45 元/kg,鸡粪 0.4 元/kg,普通复合肥单价 4.6 元/kg,缓释复合肥 1 单价 12 元/kg,缓释复合肥 2 单价 6.75 元/kg,缓释复合肥 3 单价 4.2 元/kg

Note: The prices of organic fertilizer, chicken manure, common compound fertilizer and slow release compound fertilizer 1, slow release compound fertilizer 2, slow release compound fertilizer 3 are 1.45, 0.4, 4.6, 12, 6.75 and 4.2 yuan/kg, respectively

2.4 不同处理对肥料偏生产力的影响 不同处理的肥料偏

生产力见图1。由图1可知,T3、T4、T5处理肥料偏生产力分别较T2高20.20、23.68、17.43 kg/kg,且差异达显著水平

表3 经济效益核算

Table 3 Economic benefit accounting

元/hm²

处理 Treatment	成本 Cost						总产值 Total output value	利润 Profit
	种薯 Seed potato	肥料 Fertilizer	黑膜 Black film	农药 Pesticide	人工 Labor	合计 Total		
T1	9 000	0	1 200	2 250	7 500	19 950	24 666.75±338.14 b	4 716.75±338.14 c
T2	9 000	16 350	1 200	2 250	7 500	36 300	48 895.05±2 154.16 a	12 595.05±660.69 b
T3	9 000	24 525	1 200	2 250	7 500	44 475	50 320.80±792.30 a	5 845.80±792.30 c
T4	9 000	16 650	1 200	2 250	7 500	36 600	51 589.95±1 408.08 a	14 989.95±1 408.08 ab
T5	9 000	12 825	1 200	2 250	7 500	32 775	48 982.35±232.36 a	16 207.35±232.36 a

注:种薯4.0元/kg,人工按1 hm²试验田每人每次1 500元/d计算,按种植2 d、田间管理2 d、收获1 d计算。商品薯1.6元/kg,次品薯0.6元/kg
Note:The price of seed potato is 4.0 yuan/kg. Labor costs are calculated at 1 500元/hm² per person per day, including 2 days for planting, 2 days for field management and 1 day for harvest. The price of marketable potatoes is 1.6 yuan/kg, the price of substandard potatoes is 0.6 yuan/kg

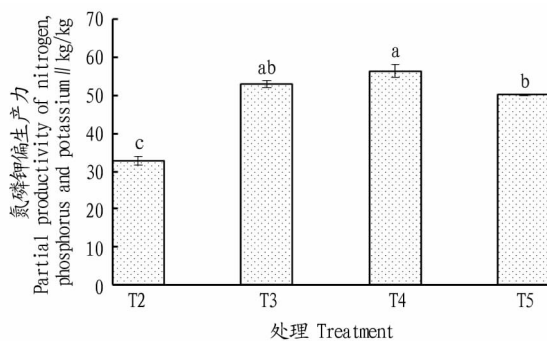
表4 不同肥料对马铃薯块茎品质的影响

Table 4 Effects of different kinds of fertilizers on quality of potato tuber

处理 Treatment	干物质 Dry matter %	还原糖 Reducing sugar//%	可溶性糖 Soluble sugar %	淀粉(鲜基) Starch content %	Vc含量 Vitamin C content mg/kg
T1	18.87±0.36 b	0.03±0.00 b	0.52±0.05 a	14.28±0.40 ab	225.00±16.13 a
T2	19.77±0.33 ab	0.05±0.02 ab	0.39±0.04 a	14.23±0.16 ab	228.41±9.13 a
T3	20.90±0.43 a	0.07±0.01 a	0.51±0.07 a	15.02±0.15 a	247.60±10.21 a
T4	18.90±0.78 b	0.06±0.01 a	0.47±0.04 a	13.34±0.40 b	257.78±14.16 a
T5	19.02±0.66 b	0.05±0.01 ab	0.39±0.03 a	14.4±0.52 ab	262.65±5.88 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments ($P<0.05$)



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different treatments ($P<0.05$)

图1 不同处理对肥料偏生产力的影响

Fig. 1 Effects of different treatments on fertilizer partial factor productivity

3 讨论

黑膜覆盖下3种缓释复合肥对冬作马铃薯的稳产、增产效果明显。在肥料施用量减量33.33%的情况下,缓释复合肥处理马铃薯总产量和商品薯产量均与常规施肥无显著差异,较空白处理增产效果明显。这与张洋等^[10]在青海的研究结果一致,施用缓释复混肥较农民习惯施肥施肥量减少,而增产率达4.83%。研究表明施用缓控释肥和缓控释肥减10%的肥料投入高于推荐施肥和习惯施肥,但产值和纯收入增加^[16],这与该研究结果一致,施用缓释复合肥有助于提高马铃薯生产经济效益。与农民传统施肥方式相比,一次性基施缓控释肥可以显著提高玉米、小麦和水稻三

大粮食作物的产量和氮肥利用率^[17],在马铃薯的种植中也有同样的效果。一次性施肥技术配合施用缓释复合肥既可实现作物稳产高产、氮肥高效,又可节省农业劳动力,是适宜在全国粮食主产区全面推广和应用的高新技术^[18]。

4 结论

综上所述,3种缓释复合肥处理马铃薯商品薯产量和总产量较常规施肥和无肥对照均有显著的增产效果,3种缓释复合肥处理间差异不显著。3种缓释复合肥处理马铃薯品质与常规施肥处理间无显著差异。在成本方面,表现为缓释复合肥3<缓释复合肥2<缓释复合肥1,总产值无显著差异;利润方面,缓释复合肥2和缓释复合肥3处理显著高于缓释复合肥1处理,两者间差异不显著,而缓释复合肥1因肥料成本较高,利润低于常规施肥处理。因此,在试验条件下,为保证产量和从减少肥料施用量和投入产出比考虑,推荐1 hm²施用1 500 kg缓释复合肥2或缓释复合肥3配合4 500 kg生物有机肥,可实现减肥增效。

参考文献

- [1] 陈萌山,王小虎.中国马铃薯主食产业化发展与展望[J].农业经济问题,2015,36(12):4-11.
- [2] 罗其友,刘洋,高明杰,等.中国马铃薯产业现状与前景[J].农业展望,2015,11(3):35-40.
- [3] 蔡玉祺,曹先维,陈琳.南方冬种马铃薯早熟高效栽培关键技术试验示范[J].吉林农业,2018(14):33.
- [4] 冯剑.磷钾调控对冬作马铃薯钙镁营养特性及养分平衡的影响[D].广州:华南农业大学,2017.
- [5] 李成晨,安康,索海翠,等.广东省冬种马铃薯施肥现状调查与施肥对策[J].热带作物学报,2019,40(10):2054-2060.
- [6] 官利兰,李水源,谭卫娜,等.有机肥替代化肥对南方冬作马铃薯产量和品质的影响[J].广东农业科学,2019,46(11):62-68.

(下转第172页)

表5 唐古特大黄中蒽醌类成分的含量

Table 5 Contents of anthraquinones in *Rheum tanguticum*

样品 Sample	大黄素 Emodin mg/g	芦荟大黄素 Aloe-emodin			大黄酸 Rhein			大黄酚 Chrysophanol			大黄素甲醚 Physcione		
		ESM mg/g	QAMS mg/g	RSD %	ESM mg/g	QAMS mg/g	RSD %	ESM mg/g	QAMS mg/g	RSD %	ESM mg/g	QAMS mg/g	RSD %
1	2.99	2.57	2.58	0.39	2.73	2.70	0.74	2.76	2.72	1.09	0.91	0.77	2.70
2	4.61	3.21	3.24	0.66	2.76	2.73	0.77	3.22	3.19	0.66	1.28	1.23	2.82
3	4.96	5.21	5.33	1.61	5.48	5.50	0.26	3.80	3.77	0.56	1.55	1.50	2.32
4	5.20	4.11	4.18	1.19	5.50	5.52	0.26	6.09	6.07	0.23	2.70	2.70	0.00
5	5.71	3.17	3.20	0.67	7.03	7.08	0.50	4.62	4.59	0.46	1.30	1.25	2.77
6	6.15	4.69	4.79	1.49	5.92	5.95	0.36	6.34	6.32	0.22	1.81	1.74	2.79
7	4.19	3.70	3.75	0.95	3.90	3.89	0.18	5.32	5.30	0.27	1.81	1.75	2.38
8	4.46	4.20	4.27	1.17	6.74	6.79	0.52	5.38	5.35	0.40	1.46	1.40	2.97
9	4.31	4.46	4.55	1.41	6.33	6.37	0.45	5.63	5.61	0.25	1.92	1.86	2.24
10	4.83	4.79	4.89	1.46	6.36	6.40	0.44	6.08	6.06	0.23	1.74	1.67	2.90
11	2.92	3.16	3.19	0.67	4.15	4.15	0.00	3.23	3.20	0.66	1.59	1.53	2.72
12	3.39	2.88	2.90	0.49	5.42	5.44	0.26	3.57	3.54	0.60	1.06	1.02	2.72
13	3.50	3.31	3.35	0.85	4.57	4.57	0.00	3.67	3.64	0.58	1.11	1.09	2.57
14	3.80	2.96	2.98	0.48	3.95	3.94	0.18	3.45	3.42	0.62	1.02	0.98	2.83
15	3.76	2.82	2.79	0.76	4.11	4.09	0.35	3.42	3.39	0.62	1.06	1.02	2.72
16	3.82	3.74	3.80	1.13	5.10	5.12	0.28	4.18	4.15	0.51	0.87	0.84	2.48
17	3.37	2.83	2.85	0.50	4.75	4.76	0.15	3.16	3.13	0.67	1.01	0.97	2.86
18	3.42	2.50	2.51	0.28	4.01	3.91	2.66	3.75	3.72	0.57	1.46	1.40	2.97

3 结论与讨论

大黄是我国的大宗药材,年需求量较大,目前野生大黄资源濒危,栽培技术以及产地加工过程的不规范限制了大黄的产量和质量,因此,建立一种可以在产地对大黄进行快速的质量评价方法尤为重要。

该试验通过一测多评法(QAMS)建立各待测物的相对校正因子,考察了进样量、流速、柱温、色谱柱对相对校正因子的影响,同时采用一测多评法和外标法测定唐古特大黄中蒽醌类成分的含量,并比较了2种方法测定结果的差异,结果显示,2种方法测定的唐古特大黄中蒽醌类成分含量的RSD均小于3%,且2种方法之间没有显著性差异,表明QAMS法在多成分质量评价应用中是可行的,对唐古特大黄质量控制提供了试验数据支撑,也为产地加工过程中唐古特大黄质量快速综合评价提供了新方法。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:2020年版一部[S]. 北京:中国医药科技出版社,2020:24.

[2] 金丽霞,金丽军,栾仲秋,等. 大黄的化学成分和药理研究进展[J]. 中医药信息,2020,37(1):121-126.

[3] 王玉,杨雪,夏鹏飞,等. 大黄化学成分、药理作用研究进展及质量标志物的预测分析[J]. 中草药,2019,50(19):4821-4837.

[4] 苗培福. 大黄的药理作用及临床应用分析[J]. 中国中医药现代远程教育,2019,17(20):61-62.

[5] 杜怡雯,冯江毅,胡黎文,等. 大黄的药理活性研究及临床应用[J]. 中医临床研究,2018,10(25):24-27.

[6] 田新玮,郑琦丽,王静,等. 大黄素对类风湿关节炎模型大鼠的治疗作用及抗炎机制研究[J]. 江苏中医药,2020,52(10):84-87.

[7] GAO D, LI Y M, WANG N, et al. Establishment and validation of quantitative analysis of multi-components by a single marker for quality control of polygoni multiflori radix[J]. Anal Methods, 2016, 8: 7170-7176.

[8] LI F, WU H, SUN L L, et al. Quantitative analysis of multi-components by single marker and fingerprint analysis of *Achyranthes bidentata* Blume[J]. J Chromatogr Sci, 2018, 56(7): 595-603.

[9] LI Y H, ZHANG Y M, ZHANG Z J, et al. Quality evaluation of *Gastrodia elata* tubers based on HPLC fingerprint analyses and quantitative analysis of multi-components by single marker[J]. Molecules, 2019, 24(8): 1-16.

[10] FENG Y M, LI Q, YANG L, et al. Simultaneous determination of osthol, columbianadin, and isomerperatorin in *Angelica pubescens* Radix by high-performance liquid chromatography (HPLC) using a quantitative analysis of multi-components by single marker (QAMS) calibration method[J]. Instrum Sci Techno, 2020, 48(5): 550-560.

(上接第144页)

[7] 陈建. 广东省冬作马铃薯主产区典型种植户肥料资源调查与分析[D]. 广州:华南农业大学,2018.

[8] 尹孝萍. 缓释氮肥对垄作全膜覆盖马铃薯干物质及产量的影响[J]. 青海大学学报(自然科学版), 2015, 33(2): 12-16.

[9] 官利兰,陈锐浩,刘小锋,等. 黑膜覆盖下两种复合肥对冬作马铃薯产量和品质的影响[J]. 广东农业科学, 2020, 47(10): 67-72.

[10] 张洋,盛海彦,张荣,等. 缓释复混肥料对马铃薯产量、土壤硝态氮含量及氮肥利用率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2018, 36(5): 122-129.

[11] 席旭东,姬丽君. 缓控释肥施用对旱作区全膜马铃薯生长及产量的影响[J]. 中国马铃薯, 2017, 31(2): 92-97.

[12] 曹先维,徐鹏举,陈洪,等. 2019年广东省马铃薯产业现状、存在问题及发展建议[C]//金黎平,吕文河. 马铃薯产业与美丽乡村(2020). 哈

尔滨:黑龙江科学技术出版社,2020:31-34.

[13] 鲍士旦. 土壤化学分析[M]. 3版. 北京:中国农业出版社,2000.

[14] 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.

[15] TANG Q Y, ZHANG C X. Data Processing System (DPS) software with experimental design, statistical analysis and data mining developed for use in entomological research[J]. Insect Sci, 2013, 20(2): 254-260.

[16] 岳超,王怀义,滕松,等. 马铃薯施用缓控释肥、生物有机肥肥效试验[J]. 中国马铃薯, 2017, 31(6): 341-345.

[17] 刘兆辉,吴小宾,谭德水,等. 一次性施肥在我国主要粮食作物中的应用与环境效应[J]. 中国农业科学, 2018, 51(20): 3827-3839.

[18] 周瑞荣,孙锐锋,肖厚军,等. 缓释肥料在马铃薯上的应用效果[J]. 西南农业学报, 2010, 23(5): 1763-1765.