

代啟贵, 张帆, 徐鹏举, 曹先维, 张新明. 冬作马铃薯商品有机肥适宜用量研究 [J]. 广东农业科学, 2019, 46(3): 57-63.

冬作马铃薯商品有机肥适宜用量研究

代啟贵¹, 张帆¹, 徐鹏举², 曹先维³, 张新明¹

(1. 华南农业大学资源环境学院, 广东 广州 510642; 2. 惠东县农业技术推广中心, 广东 惠东 516300;
3. 华南农业大学园艺学院, 广东 广州 510642)

摘要:【目的】确定冬作马铃薯商品有机肥的适宜用量, 为广东省冬作马铃薯生产过程中商品有机肥的合理施用提供技术支撑。【方法】以不施肥和不施有机肥为对照, 设5个有机肥用量处理(处理1~5: 3 000 ~ 15 000 kg/hm²), 并在收获时测定块茎产量、经济效益和块茎的品质参数等。【结果】马铃薯产量随有机肥用量的增加而呈递增的趋势, 处理5(15 000 kg/hm²)产量最高达40 871 kg/hm²; 各处理干物质率的范围为18.63% ~ 20.05%; 处理3(9 000 kg/hm²)综合经济效益最高达75 318.75元/hm², 对经济效益与商品有机肥用量通过一元二次函数方程拟合, 得到经济效益最大时商品有机肥的施用量为9 077.23 kg/hm², 此时经济效益为74 872.31元/hm², 方程拟合与实际生产情况相吻合; 在品质方面, 不同处理块茎干物质率、鲜薯Vc含量和淀粉含量之间没有显著差异; 每100 kg商品有机肥增产量也是以处理3最高, 达到47.56 kg。【结论】在供试条件下, 适宜于冬作马铃薯高产高效的“1基0追”施肥模式为施用马铃薯专用肥1 500 kg/hm²+商品有机肥9 000 kg/hm²。

关键词: 冬作马铃薯; 商品有机肥; 块茎产量; 块茎品质; 矿质营养特性

中图分类号: S532.062

文献标志码: A

文章编号: 1004-874X(2019)03-0057-07

Study on Suitable Amount of Commercial Organic Fertilizer for Winter-cropping Potato Production

DAI Qigui¹, ZHANG Fan¹, XU Pengju², CAO Xianwei³, ZHANG Xinming¹

(1. College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;
2. Huidong Agricultural Technical Extension Center, Huidong 516300, China;
3. College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract:【Objective】This study aimed at determining the appropriate amount of commercial organic fertilizer for winter potato production in order to provide technical support for the rational application of commercial organic fertilizers in the actual production process of winter potato in Guangdong Province.【Methods】With CK(no fertilizer application) and CF(only chemical fertilizer without commercial fertilizer application) as the control treatments, five different amounts of commercial organic fertilizers (Treatment 1-5:3000 to 15 000 kg/hm²) were designed, and the tuber yield, economic benefits, and tuber quality parameters were measured at harvest time.【Results】The tuber yields of winter potato increased with the increment of the amount of commercial organic fertilizer, and the yield of Treatment 5(15 000kg/hm²) was up to 40 871 kg/hm²(maximum yield). The dry matter rate of each treatment ranged from 18.63% to 20.05%. The comprehensive economic benefits of Treatment 3(9 000 kg/hm²) was up to 75 318.75 yuan/hm². By using quadratic equation to simulate the regression relationship between the economic benefits and the application amount of

收稿日期: 2018-11-14

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0200801); 国家马铃薯产业技术体系广州综合试验站团队项目(CARS-09-ES18)

作者简介: 代啟贵(1989—), 男, 硕士, 助教, 研究方向为土壤养分管理, E-mail: 762016959@qq.com

通信作者: 张新明(1965—), 男, 博士, 副教授, 研究方向为养分资源管理与农产品安全生产, E-mail: 1992876243@qq.com

commercial organic fertilizer, it was found that when the application amount of commercial organic fertilizer was 9 077.23 kg/hm², the economic benefit was maximum, reaching 74 872.31 yuan/hm², and the equation simulation was consistent with the actual production situation in the field experiment. In terms of the tuber quality, There was no significant difference with dry matter rate, Vc content of fresh potatoes and starch content of tubers with different treatments. The increased yield per 100 kg of commercial organic fertilizer was also the highest in Treatment 3, reaching 47.56 kg. 【 Conclusion 】 Under the test conditions, the optimal fertilization pattern with “1 base manure+0 top dressing” for winter-cropping potatoes is 1 500 kg/hm² of potato special fertilizer plus 9 000 kg/hm² of commercial organic fertilizer in winter potato production.

Key words: winter potato (*Solanum tuberosum* L.); commercial organic fertilizer; tuber yield; tuber quality; mineral nutrition characteristics

【研究意义】马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 是仅次于玉米、小麦、水稻之后的世界第四大粮食作物, 在粮食安全方面发挥着重要作用。全球大约有 160 个国家或地区种植马铃薯, 种植面积为 $1.87 \times 10^7 \sim 1.92 \times 10^7$ hm², 总产量为 3.2 亿~3.4 亿 t^[1]。据报道, 我国马铃薯种植面积与产量已居全球第 1 位^[2], 而且在南方稻区和干旱、半干旱地区, 种植面积仍有增加的潜力, 具有广阔的发展空间, 特别是南方冬作马铃薯, 其产量效益更高, 在南方冬季农业中越来越重要^[3]。广东地处热带、南亚热带地区, 冬季气候资源优越, 光温水条件好, 自然灾害较少, 发展冬种马铃薯生产潜力大, 市场前景好, 产业效益高。广东省是全国最大的南亚热带气候区, 南亚热带区域约占全省面积的 72%, 冬作生产资源丰富。特别适合冬作马铃薯生产, 是全国冬种马铃薯优势产区^[4]。商品有机肥是以畜禽粪便、动植物残体等富含有机质的副产品资源为主要原料, 经发酵腐熟后制成, 作为商品进入流通的肥料^[5]。商品有机肥料含有植物所需的各种大量营养元素、微量元素和有机质, 有机质中的氨基酸、酰胺和核酸可以直接被植物吸收, 糖类和脂肪是土壤微生物生命活动的能源。此外, 有机质在矿质化过程中, 生成的有机酸可以使土壤中的无效养分有效化, 从而培肥土壤; 有机肥可改良土壤的物理、化学和生物特性, 有利于土壤熟化、提高土壤的生产能力^[6]。有机肥对提高土壤养分含量、提高作物产量、改善作物品质、减轻环境污染、实现废弃资源再利用等方面具有一定作用^[7]。研究马铃薯商品有机肥的适宜用量, 对指导马铃薯生产环节有机肥的施用、提高马铃薯品质以及改善土壤性质, 具有非常重要的意义。近年来, 冬作马铃薯施肥相关的研究较多^[8-11], 但是在广东冬作

马铃薯田商品有机肥适宜施用量方面的研究少见报道。商品有机肥的应用是实现“一控两减三基本”农业面源污染治理目标的重要举措^[12], 在冬作马铃薯种植中的施用会愈来愈广泛, 因此商品有机肥在冬作马铃薯田施用适用量的研究非常必要。

【前人研究进展】李晓宏等开展了对城固县马铃薯有机肥施用量试验, 在合理施用化肥的基础上, 以施有机肥 30~60 t/hm² 为宜, 低于 30 t/hm² 增产效果不明显, 高于 60 t/hm² 边际收益下降^[13]。张学让筛选了生物有机肥最佳效益用量, 从产量结果看, 施用 4.05 t/hm² 商品有机肥的马铃薯比施用 3 t/hm² 的产量高 11.0%, 增产幅度较大; 施用 5.1 t/hm² 有机肥的马铃薯比施用 4.05 t/hm² 的产量增幅为 4.0%, 增产幅度不大, 而多施用有机肥 1.05 t/hm², 投入成本增加, 而产量增加不多, 因此在马铃薯上有机肥合适施用量为 4.05 t/hm²^[14]。李刚等开展了马铃薯有机肥投入的阈值研究, 结果表明在较低施肥量情况下, 土壤中硝酸盐无累积, 当施肥量高于 71 280 kg/hm² 时, 不同层次土壤中硝酸盐的含量均显著增加。在一定范围内适当提高有机肥用量可以降低马铃薯黑胫病的发病率, 但较高有机肥用量和常规施肥处理条件下, 马铃薯发病率有一定的上升。在马铃薯有机农业生产过程中, 有机肥的过量施用不但会降低马铃薯的品质(降低淀粉、粗蛋白、维生素 C、还原糖含量, 增加硝酸盐含量), 而且会导致硝酸盐和速效磷在土壤中残留, 造成环境污染^[15]。

【本研究切入点】通过不同施肥处理的田间试验, 以有机肥对马铃薯作用方式的研究为切入点, 在试验过程中探究不同处理对马铃薯植株生长状况的影响, 分析马铃薯物质及各营养元素的浓度和积累状况。【拟解决的关键问题】重点探

讨商品有机肥用量对冬作马铃薯产量、品质和经济效益的影响,同时分析马铃薯生长过程中对氮、磷、钾、镁、硅5种元素的吸收、积累、分配变化规律,以期商品有机肥在冬作马铃薯生产中的合理施用提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于2016—2017年在惠东县平海镇径口村国家马铃薯产业技术体系广州综合试验站试验基地进行。供试土壤为轻壤质水稻土,基础土壤样品碱解氮为91.6 mg/kg、有效磷89.2 mg/kg、速效钾102.4 mg/kg,前茬为水稻;供试肥料包括马铃薯专用肥(15-8-22)和商品有机肥(N 11.94 g/kg、17.65 g/kg、K₂O 9.20 g/kg)。供试马铃薯品种为当地主栽品种费乌瑞它,一级脱毒种薯。

1.2 试验设计

试验设不施肥(CK)、不施有机肥(CF)以及5个有机肥用量处理,3次重复,随机区组排列,小区面积19.8 m²(3.3 m×6 m),每个小区3垄,1垄作为采样区,另外2垄作为测产区,每个小区间设置0.7 m隔离垄,防止肥料随雨水渗透到相邻小区而影响试验结果。除不施肥对照外,各处理马铃薯专用肥(化肥)用量相同,均为15 000 kg/hm²。处理1~处理5商品有机肥用量分别为15 000、12 000、9 000、6 000、3 000 kg/hm²。马铃薯田NPK化肥养分施用量折算为:N 225 kg/hm²、P₂O₅ 120 kg/hm²和K₂O 330 kg/hm²,35%控释氮+65%速效氮,磷和钾均为速效养分。

试验在2016年11月10日布置,大田管理主要参考历年的操作,不同之处在于一次性施用基肥,无追肥,采取稻草覆盖种植模式。

1.3 田间管理

试验实行稻草覆盖高垄双行栽培,具体方法如下:(1)2016年11月12日整地、施肥:垄高20 cm左右,垄宽85 cm,垄间沟宽20 cm,清理干净垄沟并且平整垄面。从垄中开约10 cm深的沟,将有机肥和基肥分小区均匀撒入沟中,覆土,平整垄面;(2)2016年11月13日播种:垄两侧播种,播种方法为“品”字型错株穴播,每垄均匀播种50株,密度为75 758株/hm²,播种后垄面覆盖稻草,盖土压住,防止稻草被吹走;(3)2016年12月26日覆土:采用覆土机作业,

覆土厚度7~9 cm;(4)2017年3月26日收获:分各个小区进行测产分级,统计各小区测产商品薯、小薯、病薯、烂薯,商品薯的标准为:单个薯≥75 g,无畸形、无病、无虫蛀、无裂口等;次品薯的标准为:单个薯<75 g、烂薯、裂薯和畸形薯。其他管理同大田。

1.4 样品采集、处理与分析方法

1.4.1 样品采集与处理方法 植株样品采集与处理:分别于齐苗(出苗率80%)后3、15、27、39、51、63 d采样,采样时在每个小区的取样垄选取有代表性的3株作为取样植株;取回室内进行清洗、晾干,然后将每个小区3株植株的块茎、叶和茎分离,然后按部位汇总称重,并且均匀取样(≤300 g),分器官装在信封并置于烘箱105℃下杀青30 min,之后调烘箱温度至75℃烘至恒重,称量各样品干重,粉碎,放于塑料封口袋中做好标记,按处理类别保存供分析测定。收获时选取有代表性块茎作为收获样品,测定氮、磷、钾、镁、硅等元素全量及品质指标。

土壤样品采集与处理:整地前采用“S”型采样方法采集0~20 cm土层的基础混合土壤样品,经风干,过孔径2 mm和0.149 mm筛,保存于密封袋中,供分析。

1.4.2 测定指标及方法 土壤样品:土壤质地、碱解氮、有效磷和速效钾;植物样品:全氮、全磷、全钾、全硅、全镁;块茎品质参数:干物质、淀粉、粗蛋白质、维生素C。分析方法参照《土壤农化分析》^[16]和《马铃薯试验研究方法》^[17]。统计各器官干物质积累量(kg/hm²),单株氮(磷、钾、镁、硅)素积累量(mg)、商品薯率(%),总产值(元/hm²),经济效益(元/hm²),每100 kg商品有机肥增产量(kg),鲜薯氮(磷、钾、镁、硅)需求量。

试验数据采用DPS 14.0和Excel 2007统计软件^[18]进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 商品有机肥施用量对冬作马铃薯产量的影响

如表1所示,有机肥处理1~5和CF产量相对于空白对照存在显著差异,但各有机肥处理之间差异不显著。处理3的总产较处理4和处理5分别提高2 095.96 kg/hm²(5.58%)和3 143.94 kg/hm²(8.61%)。

施用有机肥均能达到增产的效果。处理 1~5 每 100 kg 商品有机肥分别增产 36.53、41.46、47.56、36.41、37.88 kg, 各处理间差异不显著。各处理每 100 kg 商品有机肥增产从大到小的次序为: 处理 3 > 处理 2 > 处理 5 > 处理 1 > 处理 4, 处理 3 每 100 kg 商品有机肥增产量最高, 因此有机肥施用量为 9 000 kg/hm² 时, 单位质量的有机肥增产效果最佳。

2.2 商品有机肥施用量对冬作马铃薯商品薯产量及商品率的影响

试验结果 (表 1) 表明, 不同用量有机肥处

理商品薯产量差异不显著, 但与空白对照差异显著, 产量提高 19 200 kg/hm² 以上。随着有机肥用量的提高, 产量有增加的趋势, 以处理 3 较好, 其产量比处理 5、处理 4 分别增加 3 585.75 kg/hm² (相对提高 10.78%) 和 1 699.5 kg/hm² (相对提高 4.83%), 与处理 2 和处理 1 总产之间相差 3.5% 以内。不同用量有机肥处理商品薯率差异不显著, 但与空白对照差异显著。每 100 kg 商品有机肥增产量各施加有机肥处理之间虽无显著差异, 但处理 3 增产量最高, 达到 47.56 kg。

表 1 商品有机肥用量对冬作马铃薯商品薯产量及商品率的影响
Table 1 Effects of commercial organic fertilizer amount on the marketable tuber yields and marketable tuber rate of winter-cropping potato

处理 Treatment	总产量 Total output (kg/hm ²)	商品薯产量 Marketable tuber yield (kg/hm ²)	商品薯率 Marketable tuber rate (%)	次品薯产量 Inferior tuber yield (kg/hm ²)
1	40871.21 ± 810.05a	38143.94 ± 962.25a	93.36 ± 3.90a	2727.27 ± 930.93a
2	40366.16 ± 2506.53a	37510.10 ± 3078.98a	92.71 ± 3.06a	2856.06 ± 572.91a
3	39671.72 ± 2142.90a	36851.01 ± 2305.66a	92.80 ± 1.68a	2820.71 ± 245.15a
4	37575.76 ± 2522.95a	35151.51 ± 2906.15a	93.40 ± 4.23a	2424.24 ± 820.32a
5	36527.78 ± 2717.55a	33265.15 ± 2472.00a	91.07 ± 0.54a	3262.63 ± 275.46a
CF	35391.41 ± 3602.16a	32825.82 ± 3625.80a	92.57 ± 2.72a	2565.59 ± 431.19a
CK	13257.58 ± 1483.73b	11373.74 ± 1552.58b	85.40 ± 4.41b	1883.84 ± 241.85a

注: 商品薯为单薯重 ≥ 75 g 的正常薯, 次品薯为单薯重 < 75 g 的正常薯和畸形薯。同列数据后小写英文字母不同者表示经 Duncan 法测验差异显著。

Note: Marketable tuber is normal potatoes whose weight is more than 75 grams, while inferior tuber is normal and malformed ones whose weight was less than 75 grams. The different lowercase letters in the same column represent significant difference obtained by Duncan's new multiple process test.

2.3 商品有机肥施用量对冬作马铃薯块茎品质的影响

表 2 结果显示, 各处理之间在块茎干物质率、Vc 含量、淀粉含量方面均没有显著差异。

2.4 商品有机肥施用量对经济效益的影响

如表 3 所示, 不同用量有机肥处理商品薯产量之间没有显著差异, 但与空白对照差异显著, 增收 52 500 元 /hm² 以上。但随着有机肥用量的提

表 2 商品有机肥用量对冬作马铃薯品质的影响
Table 2 Effects of commercial organic fertilizer amount on the quality of winter-cropping potato

处理 Treatment	干物质率 Dry matter rate (%)	鲜样 Vc 含量 Vc content in fresh sample (mg/kg)	鲜样淀粉含量 Starch content in fresh sample (%)
1	18.63 ± 0.53a	135.33 ± 12.77a	13.43 ± 0.52a
2	19.41 ± 0.36a	151.70 ± 33.79a	14.19 ± 0.36a
3	19.21 ± 0.95a	142.99 ± 14.79a	13.99 ± 0.93a
4	19.19 ± 1.25a	120.09 ± 12.29a	13.98 ± 1.23a
5	19.33 ± 0.66a	138.13 ± 12.34a	14.11 ± 0.65a
CF	19.90 ± 0.47a	146.35 ± 17.44a	14.67 ± 0.46a
CK	20.05 ± 0.55a	150.45 ± 11.76a	14.82 ± 0.55a

注: 同列数据后小写英文字母不同者表示经 Duncan 法测验差异显著。

Note: The different lowercase letters in the same column represent significant difference obtained by Duncan's new multiple process test.

高, 纯收入出现先升高再降低的趋势, 处理 3 纯收入最高, 比其他处理增收 1 500 元 /hm² 以上。

对经济效益 (Y , 元 /hm²) 与商品有机肥用量 (X , t/hm²) 采用一元二次方程拟合, 得到如下方程:

$$Y = -89.025X^2 + 1616.2X + 67537 (R^2 = 0.9688,$$

$F=46.545, P=0.006 < 0.01)$ 。

对方程进行计算可知, 经济效益最大时商品有机肥施用量为 $x=9.078$ t/hm², 即 9 078 kg/hm², 经济效益为 74 872 元 /hm²。

表 3 各处理成本投入与经济效益统计结果

Table 3 Statistical results of input and economic benefits of different treatments

处理 Treatment	有机肥用量 Application amount of organic fertilizer (kg/hm ²)	总投入 Total investment (yuan/hm ²)	经济效益 Economic benefit (yuan/hm ²)
1	15000	45255	71904.09 ± 2406.42a
2	12000	41655	73731.36 ± 8664.43a
3	9000	38055	75318.74 ± 6749.24a
4	6000	34455	73423.79 ± 8271.90a
5	3000	30855	72203.08 ± 7659.52a
CF	0	27255	67303.08 ± 6924.48a
CK	0	21255	14750.05 ± 4577.17b

注: 有机肥 1.2 元 /kg, 化肥 4 元 /kg, 种薯 9 000 元 /kg, 农药 3 255 元 /kg, 人工费用 9 000 元 /kg, 商品薯 3 元 /kg, 次品薯 1 元 /kg。同列数据后小写英文字母不同者表示经 *Duncan* 法测验差异显著。

Note: Commercial organic fertilizer 1.2 yuan/kg, chemical fertilizer 4 yuan/kg, seed potato 9 000 yuan/kg, pesticides 3 255 yuan/kg, labor cost 9 000 yuan/kg, marketable tuber 3 yuan/kg, inferior tuber 1 yuan/kg. The different lowercase letters in the same column represent significant difference obtained by *Duncan's* new multiple process test.

2.5 鲜薯对各营养元素 (氮、磷、钾、镁、硅) 的需求量

在处理 3 施肥条件下, 根据每株各营养元素

积累的最大值和种植密度计算得出, 每生产 1 t 鲜薯需要氮、磷、钾、镁、硅营养元素的质量分别为 4.71、1.46、6.77、0.41、0.17 kg (表 4)。

表 4 鲜薯对各营养元素 (氮、磷、钾、镁、硅) 的需求量

Table 4 Requirement amount of different nutrients (N, P, K, Mg, Si) of fresh potato tuber

营养元素 Nutrient element	每株最大积累量 Maximum accumulation per plant (mg)	元素总需求量 Total elemental demand (kg/hm ²)	最适宜施肥产量 Optimum fertilizer yield (t/hm ²)	鲜薯养分需求量 Nutrient requirement of fresh potato (kg/t)
N	2465.64	186.79	39.67	4.71
P	764.36	57.91	39.67	1.46
K	3545.10	268.57	39.67	6.77
Mg	214.25	16.23	39.67	0.41
Si	89.56	6.78	39.67	0.17

3 讨论

在本试验中, 马铃薯产量随着有机肥施用量的增加而呈递增的趋势, 与苟久兰等^[19]的研究结果一致, 马铃薯专用肥 1 500 kg/hm²+商品有机肥 15 000 kg/hm²处理产量最高、达 40 871.25 kg/hm²。各处理干物质率的范围为 18.63% ~ 20.05%。根据纯收入核算, 各处理中马铃薯专用肥 1 500 kg/hm²+商品有机肥 9 000 kg/hm²处理的综合经济效益最高, 达到 75 318.7 元/hm², 经济效益可观。建议该商品有机肥的推荐量为 9 000 kg/hm², 产量较不施有机肥处

理高 6 553.05 kg/hm² (相对增产 19.79%), 与付兴发^[20]研究的马铃薯粗蛋白质含量随着施有机肥量的增加而增加的结果一致。若进一步提高有机肥用量, 虽然产量会继续升高, 但同时会增加肥料成本, 综合效应特别是经济效益会下降。在品质方面, 不同处理块茎的干物质率、鲜薯 Vc 含量和淀粉含量之间没有显著差异, 干物质率、鲜薯 Vc 含量与元新娣等^[21]的研究结果一致, 淀粉含量与其研究结果不一致, 不同处理之间与淀粉含量呈极显著负相关, 可能的原因是各处理之间的养分差异还不足让淀粉含量表现为差异显著。所

以在供试条件下, 在施用马铃薯专用肥(22-8-15) 1 500 kg/hm²的基础上, 再施用商品有机肥9 000 kg/hm², 是适宜的施肥方案。与李晓宏等^[8]在城固县进行的不同有机肥施用量对马铃薯产量的影响研究相似, 研究表明施用有机肥以30~60 t/hm²为宜, 低于30 t/hm²增产效果不明显, 高于60 t/hm²边际收益下降, 适宜有机肥施用量不同, 可能是本试验采用的是商品有机肥, 而李晓宏等^[8]施用的有机肥为猪粪。对商品有机肥一元二次肥料效应函数的配置与施肥参数的计算求得: 经济效益最大时商品有机肥施用量为9 078 kg/hm², 此时经济效益为74 872.31元/hm², 方程拟合与实际生产情况相吻合。经计算每100 kg商品有机肥增产量也是马铃薯专用肥1 500 kg/hm²+商品有机肥9 000 kg/hm²处理最高, 达到47.56 kg, 与丁文等^[22]“每100 kg污泥有机肥分别增产46.61、40.68 kg”的研究结果相符。

4 结论

在本试验条件下, 适宜于冬作马铃薯高产高效的“1基0追”施肥模式为施用马铃薯专用肥(22-8-15) 1 500 kg/hm²+商品有机肥9 000 kg/hm²。

参考文献 (References) :

- [1] 刘洋, 高明杰, 何威明, 张晴, 罗其友. 世界马铃薯生产发展基本态势及特点[J]. 中国农学通报, 2014 (20): 78-86. doi:10.3969/j.issn.1002-4433.2014.05.026.
LIU Y, GAO M J, HE W M, ZHANG Q, LUO Q Y. Analysis on the basic trend and characteristics of world potatoes production [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2014 (20): 78-86. doi:10.3969/j.issn.1002-4433.2014.05.026.
- [2] 屈冬玉, 金黎平, 谢开云. 中国马铃薯产业 10 年回顾[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2010.
QU D Y, JIN L P, XIE K Y. 10-year review of potato industry in China [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2010.
- [3] 陈万明, 蔡瑞林, 林琳. 推进马铃薯主粮化的战略构想[J]. 贵州农业科学, 2016, 44 (1): 182-185.
CHEN W M, CAI R L, LIN L. Strategic conception for boosting potato staple food normalization [J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2016, 44 (1): 182-185.
- [4] 何杰娣. 广东省马铃薯产业发展概况与思考[J]. 农业科技通讯, 2016 (12): 4-6.
HE J D. Potato industry development in guangdong province [J]. *Agricultural Science and Technology Communication*, 2016 (12): 4-6.
- [5] 谭晓冬, 董文光. 商品有机肥中重金属含量状况调查[J]. 农业资源与环境学报, 2006, 23 (1): 50-51.
TAN X D, D W G. Investigation of heavy metal content in commercial organic fertilizers [J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2006, 23 (1): 50-51.
- [6] 刘秀梅, 罗奇祥, 冯兆滨, 邹绍文, 刘光荣, 刘益仁. 我国商品有机肥的现状与发展趋势调研报告[J]. 江西农业学报, 2007, 19 (4): 49-52.
LIU X M, LUO Q Y, FENG Z B, ZOU S W, LIU G R, LIU Y R. Investigation report on current situation and development trend of commercial organic fertilizer in China [J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2007, 19 (4): 49-52.
- [7] 宁川川, 王建武, 蔡昆争. 有机肥对土壤肥力和土壤环境质量的影响研究进展[J]. 生态环境学报, 2016, 25 (1): 175-181.
NING C C, WANG J W, CAI K Z. Research progress on the effects of organic fertilizer on soil fertility and soil environmental quality [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2016, 25 (1): 175-181.
- [8] 陈健章, 张新明, 李水源, 谭卫娜, 官利兰, 曹先维. 大西洋马铃薯冬作优质高产栽培关键技术[J]. 安徽农学通报, 2017, 23 (7): 47-48.
CHEN J Z, ZHANG X M, LI S Y, TAN W N, GUAN L L, CAO X W. Key winter-cultivation techniques with high-quality and high-yield of atlantic potato [J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2017, 23 (7): 47-48.
- [9] 张新明, 伍尤国, 徐鹏举, 官利兰, 陈洪, 曹先维. 平衡施肥与常规施肥对冬作马铃薯肥效的比较[J]. 华南农业大学学报, 2013 (4): 475-479.
ZHANG X M, WU Y G, XU P J, GUAN L L, CHEN H, CAO X W. A comparison of fertilizer between balanced and conventional fertilization on winter potato [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2013 (4): 475-479.
- [10] 王凯. 冬作马铃薯氮磷钾营养特性与合理施肥的研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2016.
WANG K. The research of NPK nutrient characteristics and reasonable fertilization on winter potato [D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2016.
- [11] 陈惠阳, 冯颖竹. 不同栽培方式对冬种马铃薯产量和品质的影响[J]. 广东农业科学, 2011, 38 (12): 15-17. doi: 10.16768/j.issn.1004-874X.2011.12.006
CHEN H Y, FENG Y Z. Effect of the different cultivation methods on yield and quality of winter planting potato [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2011, 38(12): 15-17. doi:10.16768/j.issn.1004-874X.2011.12.006
- [12] 唐华俊. 让农业回归绿色本色——评《农业面源污染治理的技术选择和制度安排》[J]. 农村工作通讯, 2018 (1): 51.
TANG H J. Let agriculture return to green nature - comment on *Technical Choice and Institutional Arrangement of Agricultural Non-point Source Pollution Control* [J]. *Rural Work Newsletter*, 2018 (1): 51.
- [13] 李晓宏, 曹文元, 刘琦, 方勇, 刘云霞, 周永利, 李洁. 不同有机肥施用量对马铃薯产量的影响[J]. 现代农业科技, 2014 (19): 78-79.
LI X H, CAO W Y, LIU Q, FANG Y, LIU Y X, ZHOU Y L, LI J. Effects of different organic fertilizer application rates on potato yield [J].

- Modern Agricultural Science and Technology*, 2014 (19): 78–79.
- [14] 张学让. 生物有机肥应用于马铃薯不同用量效应效益试验 [J]. 北京农业, 2014 (30): 168.
ZHANG X R. Benefit test of bio-organic fertilizer applied to potato with different dosage [J]. *Beijing Agriculture*, 2014 (30):168.
- [15] 李刚, 田伟, 杨志慧, 汪贞, 张爱国, 刘明庆, 张纪兵. 有机肥施用量对马铃薯品质和土壤环境的影响 [J]. 浙江农业学报, 2014, 26(6): 1573–1577.
LI G, TIAN W, YANG Z H, WANG Z, ZHANG A G, LIU M Q, ZHANG J B. Effects of compost applicaton on potato quality and soil environment. [J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2014, 26 (6):1573–1577.
- [16] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 第3版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
BAO S D. Soil Agricultural Analysis [M]. 3 Edition. Beijing: China Agricultural Press, 2000.
- [17] 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.
ZHANG Y C, TIAN F. Research Methods of Potato Experiment [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2007.
- [18] 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 Science*, 2013, 20(2):254–260.
- [19] 苟久兰, 何佳芳, 周瑞荣, 肖厚军, 孙锐锋. 缓释肥与有机肥配施对马铃薯产量及养分吸收的影响 [J]. 贵州农业科学, 2011, 39 (12): 151–153. doi:http://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1001–3601.2011.12.044.
- GOU J L, HE J F, ZHOU R R, XIAO H J, SUN R F. Effects of mixed application of slow-release fertilizer and organic manure on yield and nutrient absorption of potato [J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2011, 39(12): 151–153. doi:http://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1001–3601.2011.12.044.
- [20] 付兴发. 磷钾肥和有机肥对马铃薯品质和产量影响的研究 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2012.
FU X F. Study on the effects of phosphorus, potassium and organic fertilizers on the quality and yield of potato [D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2012.
- [21] 元新娣, 姚满生. 不同施肥水平对马铃薯产量和品质的影响 [J]. 山西农业大学学报 (自然科学版), 2014, 34 (4): 345–347.
YUAN X D, YAO M S. Effect of different levels of fertilization on yield and quality of potato [J]. *Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition)*, 2014, 34 (4):345–347.
- [22] 丁文, 王海勤. 城市污泥有机肥对马铃薯产量和品质及重金属吸收的影响 [J]. 中国农学通报, 2005, 21 (12): 254–256.
DING W, WANG H Q. Effect of municipal sludge organic fertilizer on potato yield, quality and heavy and heavy meavy metal uptake [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2005, 21(12):254–256.

(责任编辑 杨贤智)