

## 圣女果“3414”肥效试验及施肥模型的建立

祁君凤 (海南省土壤肥料站, 海南海口 571100)

**摘要** [目的]研究圣女果栽培中氮、磷、钾肥的最佳施用量。[方法]以千禧圣女果为试验材料,采用测土配方施肥推荐的“3414”统一标准进行试验设计,开展肥效试验。利用 Microsoft Excel 软件,建立一套关于肥效与产量的三元二次回归曲线方法,研究氮、磷、钾肥用量与圣女果产量的关系,筛选最优施肥组合。[结果]试验地基础肥力条件下圣女果产量为 14 277.30 kg/hm<sup>2</sup>,缺氮、缺磷、缺钾条件下相对产量分别为 58.7%、85.3%、92.8%。磷、氮、钾配合施用能够提升圣女果的农艺性状。根据产量结果拟合方程得出,施肥量分别为氮 453.15 kg/hm<sup>2</sup>、磷 285.15 kg/hm<sup>2</sup>、钾 130.20 kg/hm<sup>2</sup> 时产量最高,施肥三要素比例为 3.5:2.2:1.0。单因素肥效分析显示,各肥料施用量与圣女果产量之间均表现出典型的抛物线特征。[结论]该研究为圣女果的科学栽培及产量提升提供技术支持。

**关键词** “3414”试验;圣女果;产量;肥效;海南省

中图分类号 S641.2 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)36-0044-03

## Cherry Tomatoes “3414” Manure Trial and Establishment of Fertilization Model

QI Jun-feng (Soil and Fertilizer Station of Hainan Province, Haikou, Hainan 571100)

**Abstract** [Objective] The aim was to study the optimum application amount of nitrogen, phosphorus and potassium in the cultivation of cherry tomatoes. [Method] Based on the “3414” unified standard recommended by soil testing and fertilization, the experiment was designed to carry out the fertilizer efficiency experiment. Using Microsoft Excel software, the quadratic regression curve method about fertilizer efficiency and yield was established. The relationship between nitrogen, phosphorus and potassium concentration and cherry tomatoes yield was studied, the optimal fertilization combination was selected. [Result] The results showed that the yield of cherry tomato is 14 277.30 kg/hm<sup>2</sup> under the basic fertility condition, while under the conditions of nitrogen, phosphorus and potassium deficiency, yields of cherry tomato were 58.7%, 85.3% and 92.8%, respectively. Phosphorus, nitrogen and potassium fertilizers could promote agronomic traits. According to the fitting equation of yield, the yield was the highest when the fertilizer was N 453.15 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 285.15 kg/hm<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>O 130.20 kg/hm<sup>2</sup>, and the proportion of the three elements was 3.5:2.2:1. The results of single factor analysis showed that the typical parabolic characteristics were found between the application rates of fertilizers and cherry tomato yield. [Conclusion] The study can provide technical support for scientific cultivation and yield improvement of cherry tomatoes.

**Key words** “3414” trail; Cherry tomatoes; Yield; Fertilizer efficiency; Hainan Province

圣女果,又称小西红柿,茄科番茄属,具有生津止渴、健胃消食、清热解毒等功效。圣女果生长发育的适宜温度为 20~28℃,非常适合在海南种植。海南省土壤多以沙壤土为主,保水能力差,农民栽培圣女果的技术相对落后,氮、磷、钾比例不合理,造成产量不稳定,品质及种植效果不佳<sup>[1]</sup>。笔者通过“3414”肥效试验,研究适宜海南省圣女果种植的最佳氮、磷、钾肥施用量<sup>[2-3]</sup>,以期为提高圣女果单产、促进农民增收及海南省圣女果种植业的可持续发展提供技术支持。

## 1 材料与与方法

**1.1 试验地概况** 试验地设在海南省定安县定城镇,试验地属潜育型水稻土,地势平坦,土壤肥力中等。土壤物理性状:pH 5.35,有机质 13.1 g/kg,碱解氮 20.26 mg/kg,有效磷 41.5 mg/kg,速效钾 68.62 mg/kg。

**1.2 试验材料** 千禧圣女果。供试氮肥为尿素,含纯氮 46%;磷肥为重过磷酸钙,含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 46%;钾肥为氯化钾,含 K<sub>2</sub>O 60%。

**1.3 试验设计** 于 2015 年 10 月 21 日育种,11 月 21 日移植,定植时,先在畦内开沟,沟深 15 cm,开沟施入后回土。2016 年 2 月 15 日—5 月 11 日摘果,共摘 15 次。采用测土配方施肥推荐的“3414”试验,设氮、钾、磷 3 个因素,4 个水平(表 1),共 14 个处理(表 2),每个处理 3 次重复。小区面积 20 m<sup>2</sup>,随机区组排列。

表 1 “3414”试验因素水平

水平 Level	因素 Factor		
	氮肥(N) Nitrogen fertilizer	磷肥(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) Phosphorus fertilizer	钾肥(K <sub>2</sub> O) Potassium fertilizer
0	0	0	0
1	69.60	32.55	45.75
2	139.20	65.10	91.65
3	208.80	97.50	137.40

表 2 各试验处理因素水平组合

Table 2 Combination of factors and levels in each treatment

处理 Treatment	处理组合 Treatment combination	处理 Treatment	处理组合 Treatment combination
1(CK)	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	8	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>
2	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	9	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>
3	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	10	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>3</sub>
4	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	11	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
5	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	12	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>
6	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	13	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>
7	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	14	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>

**1.4 数据分析** 采用 Excel 进行数据分析,按照施肥量与产量的效应关系分别进行氮、磷、钾三元二次方程和一元二次方程的拟合,根据效应方程预测圣女果最高产量和最佳经济产量对应的氮、磷、钾用量。

## 2 结果与分析

**2.1 不同处理对圣女果产量构成因素及产量的影响** 由表 3 可知,基础肥力条件下(N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>)圣女果产量为

作者简介 祁君凤(1982-),女,山西沁池人,农艺师,硕士,从事土壤肥料研究。

收稿日期 2016-12-05

14 277.30 kg/hm<sup>2</sup>, 其余 13 个处理的产量均有一定程度的增加, 其中, 处理 6 产量最高, 达 30 215.70 kg/hm<sup>2</sup>。不施肥处理(处理 1)的株高、有效叶片数和单果重量均低于施肥处

理, 缺氮(处理 2)和缺磷(处理 4)造成农艺性状降低, 处理 6 的单果重在所有处理中最高, 为 15.10 g, 与其他处理间差异显著( $P < 0.05$ )。

表 3 不同处理对圣女果产量构成因素及产量的影响

Table 3 Effects of different treatments on constituents and yield of cherry tomatoes

处理 Treatment	株高 Plant height cm	茎宽 Stem width cm	有效叶片数 Effective leaves 片	叶长 Leaf length cm	叶宽 Leaf width cm	单果重 Single fruit weight g	产量 Yield kg/hm <sup>2</sup>
1 (CK)	130.21	0.71	200	4.19	3.01	11.80	14 277.30
2	140.41	0.76	204	4.24	3.30	11.88	17 724.75
3	150.28	0.74	228	5.13	3.64	12.50	25 021.05
4	154.75	0.76	234	5.29	3.75	12.88	25 766.55
5	173.59	0.85	263	5.93	4.21	14.44	28 902.60
6	181.48	0.89	275	6.20	4.40	15.10	30 215.70
7	172.73	0.85	262	5.90	4.19	14.37	28 759.50
8	168.38	0.83	255	5.75	4.08	14.01	28 035.60
9	171.54	0.84	260	5.86	4.16	14.27	28 560.75
10	175.65	0.86	266	6.00	4.26	14.62	29 245.05
11	164.13	0.81	249	5.61	3.98	13.66	27 328.35
12	167.34	0.82	253	5.72	4.06	13.92	27 862.50
13	166.35	0.82	252	5.68	4.03	13.84	27 696.45
14	157.53	0.77	239	5.38	3.82	13.11	26 229.15

2.2 “3414”试验产量模型 产量模型可以用一个三元二次回归曲线表示, 进行九元一次线性回归, 以便利用 Excel 进行

计算, 各小区的施肥水平见表 4。

表 4 圣女果“3414”肥效试验施肥水平及产量

Table 4 Fertilization level and yield of cherry tomatoes “3414” manure trial

处理 Treatment	施肥水平 Fertilization level									产量(Y) Yield kg/hm <sup>2</sup>
	N	P	K	N <sup>2</sup>	P <sup>2</sup>	K <sup>2</sup>	NP	NK	PK	
1 (CK)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14 277.30
2	0	65.10	91.65	0	282.15	559.20	0	0	397.20	17 724.75
3	69.60	65.10	91.65	323.25	282.15	559.20	301.95	425.10	397.20	25 021.05
4	139.20	0	91.65	1 292.85	0	559.20	0	850.20	0	25 766.55
5	139.20	32.55	91.65	1 292.85	70.50	559.20	301.95	850.20	198.60	28 902.60
6	139.20	65.10	91.65	1 292.85	282.15	559.20	603.90	850.20	397.20	30 215.70
7	139.20	97.65	91.65	1 292.85	634.80	559.20	905.85	850.20	595.80	28 759.50
8	139.20	65.10	0	1 292.85	282.15	0	603.90	0	0	28 035.60
9	139.20	65.10	45.75	1 292.85	282.15	139.80	603.90	425.10	198.60	28 560.75
10	139.20	65.10	137.40	1 292.85	282.15	1258.05	603.90	1275.30	595.80	29 245.05
11	208.95	65.10	91.65	2 908.95	282.15	559.20	905.85	1275.30	397.20	27 328.35
12	69.60	32.55	91.65	323.25	70.50	559.20	151.05	425.10	198.60	27 862.50
13	69.60	65.10	45.75	323.25	282.15	139.80	301.95	212.55	198.60	27 696.45
14	139.20	32.55	45.75	1 292.85	70.50	139.80	301.95	425.10	99.30	26 229.15

回归分析显示, 由于  $R^2 = 0.9909$ ,  $t$  统计量  $> P$ , 表明该试验应拒绝“所有处理组的圣女果产量的总体均值都相同”的假设, 具有显著性差异。由此可知, 回归分析呈显著的线性关系。同时, 得出产量关于施肥水平的模型:

$$Y = 1\ 700.070 + 15.701N + 40.374P + 7.026K - 7.592N^2 - 11.757P^2 - 1.745K^2 + 18.559NP + 10.406NK - 17.765PK \quad (1)$$

经  $F$  值检测, 方程回归达极显著水平, 方程二次项系数为负值, 一次项系数为正值, 符合报酬递减规律, 方程拟合成功, 可以依据该方程提供推荐施肥量。根据报酬递减定律, 当边

际产量为 0 ( $dy/dx = 0$  时,) 作物产量达到最大值 ( $x$  为养分因子), 由此对方程(1)求各因素的偏导数, 可得联立方程组(2):

$$\begin{cases} 15.701 - 15.184N + 18.559P + 10.406K = 0 \\ 40.374 - 23.514P + 18.559N - 17.765K = 0 \\ 7.026 - 3.490K + 10.406N - 17.765P = 0 \end{cases} \quad (2)$$

对方程组(2)求解, 得到最高产量施肥量分别为氮 453.15 kg/hm<sup>2</sup>、磷 285.15 kg/hm<sup>2</sup>、钾 130.20 kg/hm<sup>2</sup>, 三要素的比例为 3.5:2.2:1.0。

2.3 缺素分析 运用处理 1、2、4、6、8 进行缺素分析, 即缺肥

区的相对产量与氮、磷、钾区产量的百分比。由表5可知,无肥区(CK)的产量为14 277.30 kg/hm<sup>2</sup>,相对产量为47.3%,按照通用丰缺指标判定其为“缺”,说明施肥可以起到显著的增产效果;处理2(无氮区)的相对产量为58.7%,按照通用丰缺指标判定为“缺”,说明施氮肥有明显的增产效果;处理4(无磷区)相对产量为85.3%,按照通用丰缺指标判定为“缺”,说明施氮肥有一定的增产效果,处理5(无钾区)相对产量为92.8%,按照通用丰缺指标判定为“丰”,说明增施钾肥的增产效果不显著。

表5 缺肥区的产量及相对产量

Table 5 Yield and relative yield in fertilizer deficiency area

处理 Treatment	处理组合 Treatment combination	产量 Yield//kg/hm <sup>2</sup>	相对产量 Relative yield//%
1(CK)	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	14 277.30	47.3
2	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	17 724.75	58.7
4	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	25 766.50	85.3
8	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	28 035.60	92.8
6	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	30 215.70	100.0

2.4 单因素分析 由图1可知,3种氮、磷、钾施肥量与圣女果产量之间均表现出典型的抛物线特征,说明在一定范围内增加肥料用量有助于提高圣女果产量,但超过一定范围后再增加肥料用量反而会使产量降低;在峰值前增施钾肥的增产幅度低于氮、磷肥,峰值后过量施用磷肥,导致圣女果产量下降幅度更大。

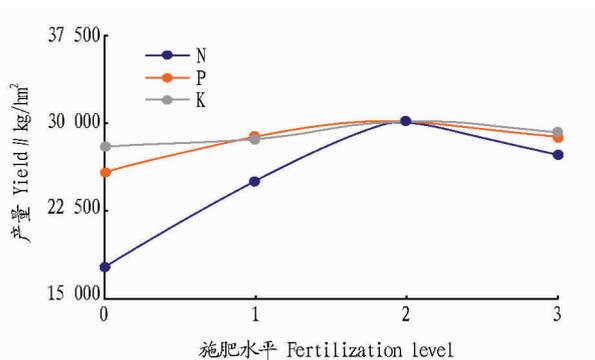


图1 氮、磷、钾施肥量与圣女果产量的关系

Fig. 1 The relationship between nitrogen, phosphorus, potassium fertilizer application amount and cherry tomatoes

### 3 结论与讨论

(1) 该研究表明,利用 Microsoft Excel 软件可建立一套关于肥效与产量的三元二次回归曲线方法。通过这套方法,可以根据大田土壤养分情况,调整施肥水平,可为获取最大产量提供简单有效的数理统计依据。

(2) 氮、磷、钾肥的合理施用可以充分发挥作物的增产潜力,提高种植效益。该研究结果表明,圣女果“3414”试验各施肥处理的产量均较对照明显提高,缺失任何一种养分都会限制圣女果对其他养分的吸收并造成减产,施肥可以不同程度地提高圣女果的农艺性状,说明氮、磷、钾合理配施可以使圣女果获得高产高效。通过对“3414”肥效试验的三元二次回归分析,得出施肥量分别为氮 453.15 kg/hm<sup>2</sup>、磷 285.15 kg/hm<sup>2</sup>、钾 130.20 kg/hm<sup>2</sup> 时产量最高,施肥三要素比例为 3.5:2.2:1.0。

(3) 单因素一元二次方程肥效分析表明,施肥量与圣女果产量之间表现出典型的抛物线特征,即随着肥料用量的增加产量增大,但当肥料用量达到产量潜力最高点时,再增加肥料用量圣女果产量反而降低。这与前人研究结果一致<sup>[4-11]</sup>。因此,根据作物及其立地环境的特点,合理施肥对于提高作物产量和生态保护具有重要意义。

### 参考文献

- [1] 杨如达,田宏先,李海,等.晋西北生态区黍子“3414”肥效试验[J].山西农业科学,2014,42(6):581-583.
- [2] 曾玲玲,崔秀辉,李清泉,等.氮磷钾配施对绿豆产量的效应研究[J].黑龙江农业科学,2010(7):48-51.
- [3] 赵存虎,孔庆全,贺小勇,等.绿豆田氮、磷、钾最佳用量及平衡施肥技术研究[J].内蒙古农业科技,2013(5):60.
- [4] 屈玉玲,庞辉,李武.永济市棉花“3414”平衡施肥试验研究[J].山西农业科学,2007,35(10):77-80.
- [5] 李明江,陈锐.玉米测土配方施肥3414试验[J].云南农业,2011(4):30-31.
- [6] 段玉,张君,妥德宝,等.喷灌条件下玉米氮磷钾肥效的研究[J].内蒙古农业科技,2014(3):51-53.
- [7] 宋朝玉,宫明波,李振清,等.“3414”肥料试验结果统计方法的讨论与分析[J].天津农业科学,2012,18(6):38-42.
- [8] 黄芳,李建军,徐锡虎,等.氮磷钾配比对单季晚稻产量及效益的影响[J].浙江农业科学,2012(2):133-134.
- [9] 银英梅,银友善,韩凤群,等.关于测土配方施肥中土壤供肥性能的研究[J].黑龙江农业科学,2006(4):44-49.
- [10] 何盛莲,吴政卿,雷振生,等.小麦新品种郑麦9962施肥效果及推荐用量研究[J].河南农业科学,2014,43(1):33-35.
- [11] 娄春荣,董环,王秀娟,等.辽宁省花生“3414”肥料试验施肥模型探讨[J].土壤通报,2008,39(4):892-895.

(上接第34页)

目前,适应大面积推广种植的切花月季品种数量相对较少,种苗生产技术仍然不够成熟,种苗生产主要集中在11月至翌年4月,大量的种苗供应仍需借助内地市场,且切花月季的抗逆性在热带地区不够强,黑斑病、枯枝病对多年种植的切花月季植株影响较大,优质种苗的选育仍需投入大量的时间和精力。针对以上情况,应根据市场需求引进种植较多的红色、粉色、白色等切花月季品种,筛选出适应性较强的切花月季品种,并通过扦插和嫁接技术进行扩繁。

### 参考文献

- [1] 林亚琼,许惠秋,陈冠铭,等.切花月季在三亚地区露地栽培技术[J].江苏农业科学,2012,40(8):155-156.
- [2] 陈冠铭,林亚琼,许惠秋,等.切花月季在三亚引种试验与品种选择研究[J].安徽农业科学,2012,40(11):6392-6393,6396.
- [3] LIN Y Q, CHEN G M, XU H Q, et al. Study on the introduction and screening of cut roses in the tropical coastal area of China [J]. Agricultural science & technology, 2012, 13(10): 2123-2128.
- [4] 贺云新.棉花水体苗床漂浮育苗技术的研究[D].长沙:湖南农业大学,2006.
- [5] 刘国强,李奋勇.花卉漂浮育苗技术在云南地方特色珍稀观赏苗木繁育中的应用[J].中国产业,2010(9):80.
- [6] 刘义存.微型月季的离体培养与试管开花研究[D].重庆:西南大学,2007.