

氮磷钾配比施肥对草莓果实维生素 C 含量的影响

王连君¹, 蔡艳华¹, 王宇娟¹, 李春辉¹, 宋来金²

(1. 吉林农业大学 园艺学院, 吉林 长春 130118; 2. 合龙县科技局, 吉林 合龙 132000)

摘要:以“丰香”草莓为试材, 采用“311-A”最优混合设计, 通过盆栽试验方式研究了不同氮磷钾配比施肥对草莓果实维生素 C 含量的影响。结果表明: 氮磷钾不同配比施肥对草莓维生素 C 含量的影响极显著, 通过模型分析, 得出钾对草莓维生素 C 含量的影响最大, 氮次之, 磷最小, 在该试验条件下氮磷钾的最佳用量分别为 193、87、153.05 mg/L, 最佳配比为 $N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 0.45 : 0.79$ 。

关键词:“丰香”草莓; 氮磷钾; 维生素 C 含量

中图分类号: S 668.406⁺.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2012)23-0175-03

近年来, 随着草莓产业迅速发展, 栽培面积不断扩大, 产量迅速上升, 品质不断提高, 许多国家都在进行草莓的施肥及营养、栽培制度、激素控制、加工贮藏、病虫害防治等多方面的研究, 并对早熟栽培、无土栽培、立体栽培、促成栽培等各种栽培形式进行了深入了解, 取得了很大进展^[1]。但与草莓生产先进的国家(如美国、日本、意大利)相比, 我国的草莓生产还存在许多问题^[2-4]。针对生产中存在的问题, 合理施肥显得至关重要。

草莓具有开花结果多、花期集中, 生长周期短, 生长量大, 产量高, 需肥量大等特点^[5], 现今草莓栽培中普遍存在偏重施用化肥的现象, 盲目的施肥不仅造成生产上的产投比降低、肥料资源的浪费, 而且会导致草莓品质的下降, 甚至破坏生态环境。然而施肥效果的好坏, 首先取决于 N、P、K 肥含量的比例关系。因此, 在草莓高效优质生产中, 研究和掌握对养分平衡供应和配方施肥的技术是非常重要的, 随着草莓栽培的现代化和集约化发展, 科学、经济的施肥是不可或缺的。

综合我国草莓生产情况, 现利用“311-A”最优混合设计, 以“丰香”草莓品种在不同氮磷钾肥配比下的表现进行草莓盆栽研究, 通过模型分析得出氮磷钾肥料的最优方程, 从而探索氮磷钾肥对草莓果实品质的影响, 为草莓高产、优质栽培提供理论及现实依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试草莓品种为“丰香”(Fragaria ananassa)。试验基质采用草炭、蛭石和珍珠岩=2:1:1, 营养钵直径为 25 cm。供试肥料为尿素(含 46% 纯氮)、氯化钾(含 60% K_2O)、过磷酸钙(含 14% P_2O_5)。

1.2 试验方法

试验于 2010 年 4~8 月在吉林农业大学果树教学基地的温室中进行, 试验温度为 10~28℃, 湿度为 40%~60%。试验采用“311-A”最优混合设计, 即氮磷钾三因素五水平, 共 11 个处理组合, 3 次重复, 共 33 个试验小区, 每小区面积 6.9 m²。该试验所设计的上下限水平, 参考陈伦寿等^[6]的方法, 零水平 $X_{0j} = (X_{2j} + X_{1j})/2$, 变化间距 $\Delta j = (X_{2j} - X_{0j})/r$, 星号臂(r)=2, 具体方案见表 1。

1.3 项目测定

果实采收期, 在每个处理中随机选取 15 枚果实。

第一作者简介:王连君(1962-), 男, 硕士, 教授, 研究方向为果树生理。E-mail: wanglianjun8892126.com.

基金项目:吉林省教育厅资助项目(吉教科合字 2010 第 45 号)。

收稿日期: 2012-07-21

Abstract: ‘Yanbao’ is a new mid-ripening peach cultivar from seedling of ‘Okubo’ peach. The fruit development period is 95 days. The fruit shape is nearly round with a round-flat fruit top. The average fruit weight is 270 g, the maximum is 340 g. The fruit skin is covered by bright red color, and flush degree is above 90%. The flesh is white, with intermediate red pigment, hard-melting and free stone. It is delicious with 12.5% soluble solids content and 0.22% total titratable acid content. It is tolerant to storage and long-distance transportation with 8.5 kg/cm² hardness. The cultivar is self-fruitful and has high yield.

Key words: peach; cultivar; breeding; cultivation

表 1 试验设计方案

Table 1 Projects of experiment

处理组合 Treatments	编码值 X ₁ (N)	编码值 X ₂ (P ₂ O ₅)	编码值 X ₃ (K ₂ O)	因素 N/mg · L ⁻¹	因素 P ₂ O ₅ /mg · L ⁻¹	因素 K ₂ O/mg · L ⁻¹
1	0	0	2	150	75	180
2	0	0	-2	150	75	40
3	-1.414	-1.414	1	79.3	39.65	145
4	1.414	-1.414	1	220.7	39.65	145
5	-1.414	1.414	1	79.3	110.35	145
6	1.414	1.414	1	220.7	110.35	145
7	2	0	-1	250	75	75
8	-2	0	-1	50	75	75
9	0	2	-1	150	125	75
10	0	-2	-1	150	25	75
11	0	0	0	150	75	110

将果实洗净,用纱布拭干,称取果实 5 g,加入 5 mL 草酸 EDTA 溶液研磨成匀浆,并转入 25 mL 容量瓶中,再用提取介质冲洗研钵及研钵 2~3 次,冲洗液合并于 25 mL 容量瓶中,取一部分匀浆液经 3 000 g 离心 10 min 后,取 1 mL 上清液进行测定。维生素 C 含量采用比色法进行测定。

1.4 数据分析

试验数据采用 SAS 8.0 及 Excel 2000 统计分析软件系统进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同氮磷钾水平对草莓维生素 C 含量的影响

将表 2 中的维生素 C 含量和编码值输入计算机,根据最优混合设计原理,以维生素 C 含量为因变量(y),3 种肥料施用水平为自变量,运用 SAS 8.0 统计软件进行模拟分析,求出维生素 C 含量与 3 种肥料用量间的回归方程为: $Y=53.5+3.53X_1+3.27X_2+5.26X_3-0.83X_1X_2+2.50X_1X_3+1.15X_2X_3-2.02X_1^2-3.09X_2^2-2.06X_3^2$ (1)。

表 2 氮、磷、钾对维生素 C 含量的影响

Table 2 Effect of N, P₂O₅ and K₂O on the content of VC in strawberry

处理 Treatments	编码值 (养分含量/mg · L ⁻¹) Code data (Content of nutrient)	维生素 C 含量 Content of VC /mg · (100g) ⁻¹ FW
1	X ₁ (N) 0(150)	55.66
2	X ₂ (P ₂ O ₅) 0(75)	34.86
3	X ₃ (K ₂ O) 2(180)	30.13
4	X ₁ (N) -1.414(79.3)	30.13
5	X ₂ (P ₂ O ₅) -1.414(39.65)	50.49
6	X ₃ (K ₂ O) 1(145)	45.93
7	X ₁ (N) 1.414(220.7)	59.68
8	X ₂ (P ₂ O ₅) 1.414(110.35)	40.08
9	X ₃ (K ₂ O) 1(145)	35.98
10	X ₁ (N) 2(250)	38
11	X ₂ (P ₂ O ₅) 0(75)	29.53
	X ₃ (K ₂ O) -1(75)	53.5

对方程(1)进行显著性检验得 $F=1\ 867.60$ (F 显著水平概率 $P_r=0.0180 < P_{0.05}$), 绝对复相关系数

$R^2=0.9999$, 这说明该回归数学模型的回归关系达到 0.05 水平的显著标准, 回归方程拟合性很好, 无失控因素, 较好地反映了草莓维生素 C 含量与氮磷钾肥料用量间的关系, 并且说明该试验所建立的数学模型是正确的, 可以用来进行决策和预报。

2.2 不同氮磷钾水平对草莓维生素 C 含量的主效应分析

因为在数据分析过程中, 已经通过无量纲线性编码代换, 偏回归系数已经标准化, 因此根据其绝对值大小可以直接判断出各因子的重要程度, 符号的正负性来判断各因素的作用方向。因此在该试验设计范围内, 由方程(1)可知, 3 种肥料对草莓维生素 C 含量的影响顺序为钾肥>氮肥>磷肥, 且均起正效应。

采用降维法对方程(1)进行降维, 即分别取 $X_2, X_3; X_1, X_3; X_2, X_3$ 为零水平, 导出氮磷钾对维生素 C 含量的单效应回归方程:

$$Y_N = 53.5 + 3.53X_1 - 2.02X_1^2; Y_P = 53.5 + 3.27X_2 - 3.09X_2^2; Y_K = 53.5 + 5.26X_3 - 2.06X_3^2.$$

X_1, X_2, X_3 分别取 -2, -1, 0, 1, 2, 经 SAS 8.0 数据处理系统分析, 得到氮、磷、钾对维生素 C 含量单效应图 (图 1)。由图 1 可以看出, 三因素单效应图均呈开口向下的抛物线, 氮、磷、钾的最佳点分别为 0.87、0.53、1.28, 超过此最佳点可溶性糖含量均随着各试验水平的增加而呈下降趋势。

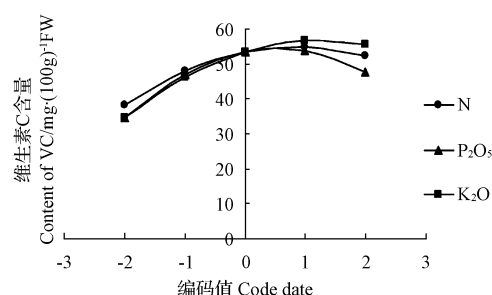


图 1 氮磷钾对草莓维生素含量的单效应

Fig. 1 Single effects of N, P₂O₅, K₂O treatments on the content of VC in strawberry

2.3 交互效应分析

由方程(1)可知, 三因素交互效应影响大小顺序为: $X_1X_3 > X_2X_3 > X_1X_2$, 并且除 X_1X_2 为负效应外均为正效应。采用降维法, 导出氮与磷、氮与钾、磷与钾的三元二次多项式回归方程:

$$Y_{N-P} = 53.5 + 3.53X_1 + 3.27X_2 - 0.83X_1X_2 - 2.02X_1^2 - 3.09X_2^2;$$

$$Y_{N-K} = 53.5 + 3.53X_1 + 5.26X_3 - 2.50X_1X_3 - 2.02X_1^2 - 2.06X_3^2;$$

$$Y_{P-K} = 53.5 + 3.27X_2 + 5.26X_3 - 1.15X_2X_3 -$$

$$3.09X_2^2 - 2.06X_3^2。$$

因素编码值 X_i 取 -2、-1、0、1、2 分别代入上述回归方程,计算出相应的维生素 C 含量。

由表 3 可知,在整个试验水平设计范围内,氮水平过高或过低,或者磷水平过高或过低,尤其在氮低磷低时,草莓维生素 C 含量最低。当氮编码值在 -2~2 时,草莓维生素 C 含量先是随着磷水平的增加而增加,当超过一定水平,则随着磷水平的增加而降低。当磷编码值在 -2~2 时,草莓维生素 C 含量先是随着氮水平的增加而增加,当超过一定水平以后,则随着氮水平的增加而降低。这表明在一定范围内氮与磷表现出正效应,在某些范围内则表现出负效应。所以只有氮与磷合理配比,才能获得较高的维生素 C 含量。从表 4 和 5 可以看出,氮钾、磷钾的交互效应规律大体与氮磷相似。

表 3 氮磷互作对维生素 C 含量的效应

Table 3 Mutual effects of N-P₂O₅ compound treatments on the content of VC in strawberry

X_2 (P ₂ O ₅)	X_1 (N)				
	-2	-1	0	1	2
-2	16.14	25.39	34.60	37.77	36.90
-1	30.34	40.76	47.14	49.48	47.78
0	35.27	47.95	53.50	55.01	52.48
1	40.20	48.96	53.68	54.36	51.00
2	35.86	43.79	47.68	47.53	43.34

表 4 氮钾互作对维生素 C 含量的效应

Table 4 Mutual effects of N-K₂O compound treatments on the content of VC in strawberry

X_3 (K ₂ O)	X_1 (N)				
	-2	-1	0	1	2
-2	29.60	34.19	34.74	31.25	23.72
-1	36.04	43.13	46.18	45.19	40.16
0	38.36	47.95	53.50	55.01	52.48
1	36.56	48.65	56.70	60.71	60.68
2	30.64	45.23	55.78	62.29	64.76

表 5 磷钾互作对维生素 C 含量的效应

Table 5 Mutual effects of P-K₂O compound treatments on the content of VC in strawberry

X_3 (K ₂ O)	X_2 (P ₂ O ₅)				
	-2	-1	0	1	2
-2	20.44	30.68	34.74	32.62	24.32
-1	29.58	40.97	46.18	45.21	38.06
0	34.60	47.14	53.50	53.68	47.68
1	35.50	49.19	56.70	58.03	53.18
2	32.28	47.12	55.78	58.26	54.56

3 结论与讨论

不同氮磷钾水平比对草莓维生素 C 含量具有不同程度的影响,其中钾的影响程度最大,磷影响最小;氮钾对维生素 C 含量的互作效应最明显,其次是磷、钾,氮、磷的互作效应最弱。根据建立的多项式回归方程,运用 SAS 8.0 进行综合模拟寻优,得到氮、磷、钾肥对草莓品质影响的最佳用量及配比。氮磷钾的最佳用量为 N 193 mg/L、P₂O₅ 87 mg/L、K₂O 153.05 mg/L,最佳配比为 N : P₂O₅ : K₂O = 1 : 0.45 : 0.79。

金安世等^[7]研究表明,草莓属于喜钾作物,在整个生育期中需要供应充足的钾肥,对钾的需求仅次于氮。该试验所得的结论与之相一致。

影响草莓品质形成的因素很多,肥料只是其中之一,如果一旦环境中某一个因素发生变化,其它因素也将随之发生变化。因此该试验所得的结论只是在试验环境条件下针对该供试品种。

参考文献

- [1] 韩爱华. 三要素对盆栽草莓生长与结实模型的影响研究[D]. 成都: 西南农业大学, 2004.
- [2] 陈凯. 国外草莓生产现状及高产栽培[J]. 世界农业, 1989(11): 37-39.
- [3] 高凤娟. 我国草莓生产的发展与展望[J]. 落叶果树, 2000(2): 20-22.
- [4] 雷家军. 视国草莓生产现状及展望[J]. 中国果树, 2001(1): 49-51.
- [5] 刘相如. 不同基质比对盆栽草莓生长于结果的影响的研究[D]. 成都: 西南大学, 2007.
- [6] 陈伦寿, 陆景陵. 蔬菜营养与施肥技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [7] 金安世, 郭鹏程, 张秀英. 氯对作物养分离子吸收与酶活性的影响[J]. 土壤通报, 1993, 24(1): 35-36.

Effect of NPK Ratio Fertilization to the Vitamin C Content of Strawberry Fruit

WANG Lian-jun¹, CAI Yan-hua¹, WANG Yu-juan¹, LI Chun-hui¹, SONG Lai-jin²

(1. College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118; 2. Technology Bureau of Helong County, Helong, Jilin 132000)

Abstract: The experiment applied the optimal mixed design of '311-A' with the 'Fengxiang' strawberry as the experimental material, the effect of different ratio of N, P and K on the vitamin C content formation of strawberry fruit through the way of pot experiment were studied and also the different effect of applying different NPK ratio fertilization were determined. The results showed that different NPK ratio fertilization had a very significant effect on the vitamin C content of strawberry. Through the analysis of the model, potassium was the first one which had great impact on vitamin C content of strawberry, nitrogen was the second one and phosphorus is the third one. The optimum amount of NPK in this experiment were 193, 87, 153.05 mg/L, and the optimum ratio was N : P₂O₅ : K₂O = 1 : 0.45 : 0.79.

Key words: 'Fengxiang' strawberry; NPK; vitamin C content