

# 新型生物菌肥对日光温室草莓果实糖酸含量的影响

高喜叶, 郭永明, 曹兴明, 李慧君, 白雪, 郭美兰

(内蒙古集宁师范学院 生物系, 内蒙古 乌兰察布 012000)

**摘要:**为了研究日光温室生物菌肥的效应,采用二次正交旋转回归设计方法,研究了3种生物菌肥的4种施肥方案对草莓果实糖酸含量的影响。结果表明:4种施肥方案对草莓果实糖酸含量均有影响;浓度适合时,不同的施肥方案交互使用具有相互促进的作用,而浓度较高时,交互使用会产生拮抗作用。该研究以施肥方案为决策变量,以草莓果实糖酸比为目标函数,建立草莓果实糖酸比与其参数因子间的数学模型: $Y=7.90183-0.08025X_1-0.05442X_2-0.01692X_3+0.02417X_4-0.13173X_1^2+0.20977X_2^2-0.14660X_3^2-0.00910X_4^2+0.25987X_1X_2+0.06475X_1X_3+0.05562X_1X_4-0.02500X_2X_3-0.01587X_2X_4+0.03850X_3X_4$ ;同时确定了提高草莓果实糖酸含量的最佳施肥方案为,EM菌肥液体喷施 1.97275~2.02725 g/L、绿康微菌肥液体喷施 1.941~2.059 g/L、A50 液体菌肥喷施 0.71975~0.78025 g/L、A50 菌肥粉末土壤施用 1.4395~1.5605 kg/667m<sup>2</sup>。

**关键词:**草莓;糖酸含量;新型生物菌肥

**中图分类号:**S 668.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)17-0054-03

微生物菌肥是由一种或多种有益微生物菌经过发酵而成的无公害无污染的生物性肥料,已经在多种作物上广泛应用<sup>[1-3]</sup>,具有促进作物生长、提高作物产量和品质的作用。随着人们生活水平的提高和栽培手段的进步,草莓的栽培已经从单纯追求高产向优质高产并举转换,高品质将带来高效益。因此,如何提高草莓品质在生产中表现的越来越重要。

果实品质包括内在品质、外观品质、贮藏品质和加工品质。果实内在品质是果实商品性优劣的重要指标,主要由糖、酸、香气等要素构成,其中风味物质的组成及其含量对果实内在品质有着重要的意义。由于果实内糖酸的种类和数量及二者比值的不同,各种果实的风味不同<sup>[4]</sup>。目前,我国的栽培草莓多是由欧、美、日等国家引入的,因产地条件及人们的喜好不同,引入品种的鲜食风味不完全适合我国人民的需要,而风味很大程度上取决于糖酸含量及其配比关系。该试验采用不同种新型生物菌肥进行不同的方式施用,通过日光温室栽培,系统研究其对草莓果实品质糖酸的影响,以期找到切实可行的提高果实品质的施肥方案,为提高草莓果实的营养价值与经济效益奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试草莓品种为“达赛莱克特”(‘Darselect’)。供试菌肥:EM菌肥、A50菌肥,由华南理工大学生物化工实验室提供;绿康微菌肥,由中国农业大学提供。

### 1.2 试验方法

试验于2011年在集宁师范学院生物系园艺实训基地的草莓日光温室内进行,采用分成3个正交区组的4因素5水平二次回归正交旋转组合的设计方法<sup>[5]</sup>,A、B、C、D分别代表EM菌肥液体喷施、绿康微菌肥液体喷施、A50菌肥液体喷施、A50菌肥粉末土壤施用的4种施肥方式,每个因素各设5个水平。4个因素5个水平的具体取值及其编码见表1。每个小区面积为21.6 m<sup>2</sup>,总计36个小区处理,分为3个区组,共777.6 m<sup>2</sup>。采用窄畦宽垄双行种植,全地膜覆盖,采用膜下暗灌法浇水,密度12万株/hm<sup>2</sup>。将土壤处理好,先在土壤里施用A50菌肥粉末,生长季采用EM菌肥液体喷施、绿康微菌肥液体喷施、A50菌肥液体喷施,每周1次,直到果实成熟采收停止施肥。

表1 4个因素的水平取值及其编码值

试验因素	变化区间	水平编码				
		-2	-1	0	1	2
A/(g·L <sup>-1</sup> )	0.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50
B/(g·L <sup>-1</sup> )	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
C/(g·L <sup>-1</sup> )	0.25	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25
D/(kg·(667m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> )	0.5	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5

**第一作者简介:**高喜叶(1977-),女,硕士,讲师,现主要从事园艺及生物学等教学与科研工作。E-mail:23917421@qq.com.

**基金项目:**内蒙古自治区高等学校科研资助项目(NJZY11289)。

**收稿日期:**2014-04-18

### 1.3 项目测定

草莓果实可滴定酸含量采用 NaOH 滴定法测定;可溶性糖含量测定采用斐林试剂法测定<sup>[6]</sup>。

### 1.4 数据分析

试验数据采用 DPS、Excel 软件计算分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 数学模型的建立与检验

根据 4 元 2 次回归正交旋转组合设计的原理,该试验期望的回归数学模型为:  $\hat{Y} = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j + \sum b_{ii} x_i^2$ 。以草莓果实糖酸含量比值为目标的函数,将 36 个小区数据运用 DPS 软件进行分析计算,建立了草莓果实糖酸含量与可控因素(A、B、C、D)的回归方程(表 2)。经  $F$  检验,各回归模型均达显著水平(表 3),说明可以建立回归方程,失拟因素的  $F$  检验未达到显著水平,说明回归方程与实际拟合较好。

表 2 4 个因素的回归方程及其  $F$  测验

项目	回归模型	回归检验	失拟检验
	$Y = 7.90183 - 0.08025X_1 - 0.05442X_2 -$		
草莓糖	$0.01692X_3 + 0.02417X_4 - 0.13173X_1^2 +$		
酸含量	$0.20977X_2^2 - 0.14660X_3^2 - 0.00910X_4^2 +$	$F_2 = 1.179$	$F_1 = 0.121$
比值	$0.25987X_1X_2 + 0.06475X_1X_3 + 0.05562X_1X_4 -$		
	$0.02500X_2X_3 - 0.01587X_2X_4 + 0.03850X_3X_4$		

表 3 草莓果实糖酸含量比值的方差分析

变异来源	平方和 SS	DF	均方 MS	F 值	P 值
A	0.1546	1	0.1546	0.61671	0.44104
B	0.0711	1	0.0711	0.28356	0.59996
C	0.0069	1	0.0069	0.02740	0.87010
D	0.0140	1	0.0140	0.05593	0.81534
A×A	0.5553	1	0.5553	2.21560	0.15149
B×B	1.4081	1	1.4081	5.61847	0.02742
C×C	0.6878	1	0.6878	2.74423	0.11247
D×D	0.0027	1	0.0027	0.01058	0.91904
A×B	1.0806	1	1.0806	4.31148	0.05032
A×C	0.0671	1	0.0671	0.26766	0.61032
A×D	0.0495	1	0.0495	0.19753	0.66127
B×C	0.0100	1	0.0100	0.03990	0.84360
B×D	0.0040	1	0.0040	0.01609	0.90027
C×D	0.0237	1	0.0237	0.09463	0.76140
回归	4.1352	14	0.2954	$F_2 = 1.179$	0.38321
剩余	5.2631	21	0.2506		
失拟	0.5208	10	0.0521	$F_1 = 0.121$	0.99924
误差	4.7423	11	0.4311		
总和	9.3983	35			

根据表 3 中各因子的显著性检验,草莓果实糖酸含量受 EM 菌肥液体喷施、A50 菌肥液体喷施、绿康微菌肥液体喷施、A50 菌肥粉末土壤施用的综合制约。经过无量纲线性编码代换后,回归系数  $b_i$  已达标准化,其  $b_i$  的绝对值大小可直接反映变量  $X_i$  对目标函数的影响程度,所以,在该试验条件下各因子对糖酸含量比值影响最大的是 EM 菌肥液体喷施,其次为绿康微菌肥液体喷施,然后是 A50 菌肥粉末土壤施用,最差的是 A50 菌肥液体喷施的效果。由此可见,这 4 种新型生物菌肥是草

莓糖酸含量的非常重要影响因子,因此,应合理配施这 4 种肥料,以提高草莓果实品质。

### 2.2 单因素效应分析

将草莓糖酸含量比值的回归方程作降维处理<sup>[7]</sup>,即将其它 3 个变量固定在 0 水平,分布得到 4 组单因子效应方程和效应图(图 1):  $Y_1 = 7.90183 - 0.08025X_1 - 0.13173X_1^2$ ;  $Y_2 = 7.90183 - 0.05442X_2 + 0.20977X_2^2$ ;  $Y_3 = 7.90183 - 0.01692X_3 - 0.14660X_3^2$ ;  $Y_4 = 7.90183 + 0.02417X_4 - 0.00910X_4^2$ 。

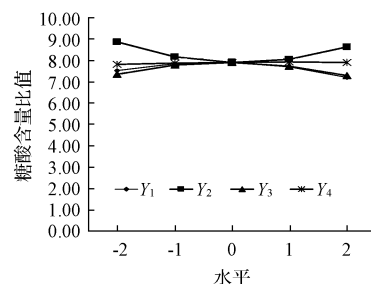


图 1 糖酸比值效应图

在该试验条件下肥料用量范围内 4 种新型菌肥对草莓糖酸含量比值影响效应曲线呈二次函数关系,说明这些因子对草莓果实糖酸含量均有影响。由图 1 可知,其中  $Y_2$ 、 $Y_4$  均呈开口向上的抛物线,即在  $X_2$ 、 $X_4$  为 0 水平时,  $Y_2$ 、 $Y_4$  均有极小值,此时果胶糖酸含量比值为 7.90183,偏离此点随着菌肥施用量的增加会使糖酸含量比值增加(0~2),且  $Y_4$  的增幅大,其次为  $Y_2$ ;反之,偏离此点随着菌肥施用量的增加会使糖酸含量比值减少(-2~0),且  $Y_4$  下降幅度大,其次为  $Y_2$ 。而  $Y_1$ 、 $Y_3$  均呈开口向下的抛物线,即在  $X_1$ 、 $X_3$  为 0 水平时,  $Y_1$ 、 $Y_3$  均有极大值,此时糖酸含量比值为 7.90183,偏离此点随着菌肥施用量的增加会使糖酸含量比值增加(-2~0),且  $Y_1$  的增幅大,其次为  $Y_3$ ;反之,偏离此点随着菌肥糖酸含量的增加会使糖酸含量比值减少(0~2),且  $Y_1$  下降幅度大,其次为  $Y_3$ 。

### 2.3 交互效应分析

在草莓果实糖酸含量比值的影响因素中,从模型的交互项系数可以看出,  $X_1X_2$ 、 $X_1X_3$ 、 $X_1X_4$ 、 $X_3X_4$  系数为正数,所以 EM 菌肥液体喷施与绿康微菌肥液体喷施、EM 菌肥液体喷施与 A50 菌肥液体喷施、EM 菌肥液体喷施与 A50 菌肥粉末土壤施用、A50 菌肥液体喷施与 A50 菌肥粉末土壤施用对草莓糖酸含量比值的交互效应为正效应;  $X_2X_3$ 、 $X_2X_4$  的系数为负数,所以绿康微菌肥液体喷施与 A50 菌肥液体喷施、绿康微菌肥液体喷施与 A50 菌肥粉末土壤施用对草莓糖酸含量的交互效应为负效应。说明 EM 菌肥液体喷施与绿康微菌肥液体喷施、EM 菌肥液体喷施与 A50 菌肥液体喷施、EM 菌肥液

体喷施与 A50 菌肥粉末土壤施用、A50 菌肥液体喷施与 A50 菌肥粉末土壤施用均有利于草莓果实糖酸含量比值的提高;而过高的绿康微菌肥液体喷施与过高的 A50 菌肥液体喷施配合、过高的绿康微菌肥液体喷施与过高 A50 菌肥粉末土壤施用配合都会对彼此产生制约,从而导致草莓果实糖酸含量比值下降。因此绿康微菌肥液体喷施与 A50 菌肥液体喷施的合理配施、绿康微菌肥液体喷施与 A50 菌肥粉末土壤施用的合理配施才有利于草莓果实品质的提高。

#### 2.4 草莓糖酸含量的最佳施肥方案

对大面积生产实践来讲,要得到符合实际的生物菌肥的施肥方案,需对所有施肥方案进行频数分析,从而得出较优因素水平取值的集中区域<sup>[8]</sup>。该研究利用 DPS 数据处理系统通过“最佳模拟配合法”对肥料效应进行模拟计算,求出在一定置信区间适合该地区的施肥方案<sup>[9]</sup>。由表 4 可知,EM 菌肥液体喷施、绿康微菌肥液体喷施、A50 菌肥液体喷施、A50 菌肥粉末土壤施用的最佳施用量分别为 1.97275~2.02725 g/L、1.94100~2.05900 g/L、

表 4 草莓糖酸含量比值高于 7.85  
高效优化施肥方案

编码水平	X <sub>1</sub>		X <sub>2</sub>		X <sub>3</sub>		X <sub>4</sub>	
	次数	频率	次数	频率	次数	频率	次数	频率
-2	75	0.14286	100	0.19048	105	0.2	105	0.2
-1	125	0.23810	100	0.19048	105	0.2	105	0.2
0	125	0.23810	125	0.23810	105	0.2	105	0.2
1	125	0.23810	100	0.19048	105	0.2	105	0.2
2	75	0.14286	100	0.19048	105	0.2	105	0.2
合计	525	1	525	1	525	1	525	1
加权均数	0		0		0		0	
标准	0.056		0.06		0.062		0.062	
95%置信区间	-0.109~0.109		-0.118~0.118		-0.121~0.121		-0.121~0.121	
最佳施肥量	1.97275~2.02725		1.94100~2.05900		0.71975~0.78025		1.43950~1.56050	

0.71975~0.78025 g/L、1.43950~1.56050 kg/667m<sup>2</sup> 时,草莓果实糖酸含量比值有 95%的可能高于 7.85。

### 3 讨论与结论

该研究结果表明,只有 A、B、C、D 合理配施才能实现草莓的优质,在该试验地条件下,按草莓糖酸含量比值高于 7.85 高效优化施肥方案为:施 A 量为 1.97275~2.02725 g/L、施 B 量为 1.94100~2.05900 g/L、施 C 量为 0.71975~0.78025 g/L、施 D 量为 1.43950~1.56050 kg/667m<sup>2</sup>。

该试验研究结果也可以推广到生产实际中,该模型可以推广到不同地区,若在某地区想要取得优质的草莓可以按照某地区的最好肥力状况下的土壤施用这 4 种菌肥,且要合理配合使用,就可以取得理想的效应。

#### 参考文献

- [1] 钟霖霖,乔荣,王天文,等.克服草莓连作障碍对策[J].耕作与栽培,2003(2):481.
- [2] 吉沐祥.无公害草莓生产的农药使用技术[J].农业科技通讯,2002(9):301.
- [3] 李保会,李青云,李建军,等.复合生物菌肥对连作草莓产量和品质的影响[J].河北农业科学,2007(1):15-17.
- [4] 赵智慧,周俊义.果树果实内在品质形成及评价方法研究进展[J].河北农业大学学报,2002,25(增刊):111-114.
- [5] 金益.试验设计与统计分析[M].北京:中国农业出版社,2007.
- [6] 王海波,陈学森,辛培刚,等.几个早熟苹果品种果实糖酸组分及风味品质的评价[J].果树学报,2007,24(4):513-516.
- [7] 穆俊祥,曹兴明,弓建国,等.有机肥和氮磷钾配施对马铃薯产量和品质的影响[J].石河子大学学报,2009,27(4):428-432.
- [8] 唐新莲,顾明华,潘丽梅,等.氮、磷、钾、锌配施对小白菜产量和品质的效应[J].中国土壤与肥料,2007(3):47-51.
- [9] 唐启义,冯明光.DPS 数据处理系统[M].北京:科学出版社,2006:250-260.

## Effect of New Biofertilizer on Sugar Acid Content of Solar Greenhouse Strawberry

GAO Xi-ye, GUO Yong-ming, CAO Xing-ming, LI Hui-jun, BAI Xue, GUO Mei-lan  
(Department of Biochemistry, Jining Teachers College, Wulanchabu, Inner Mongolia 012000)

**Abstract:** In order to study the effect of biofertilizer on strawberry, the effect of different biofertilizer on strawberry sugar acid content was discussed by using quadratic orthogonal rotational regression design. The results showed that, four different biofertilizer all had effect on strawberry sugar acid content. Suitable for concentration, different fertilization scheme which was used alternately had function of mutual promotion, while at high concentration, interaction using antagonistic effect was produced. In this study fertilization scheme as the decision variables, strawberry fruit sugar acid ratio as the objective function, a strawberry fruit sugar acid ratio and the mathematical model were established between parameters factors  $Y = 7.90183 - 0.08025X_1 - 0.05442X_2 - 0.01692X_3 + 0.02417X_4 - 0.13173X_1^2 + 0.20977X_2^2 - 0.14660X_3^2 - 0.00910X_4^2 + 0.25987X_1X_2 + 0.06475X_1X_3 + 0.05562X_1X_4 - 0.02500X_2X_3 - 0.01587X_2X_4 + 0.03850X_3X_4$ . From the result, and concluded the best fertilization schedule was as follows, EM liquid spraying was 1.97275~2.02725 g/L, Lyukangwei liquid spraying was 1.94100~2.05900 g/L, A50 liquid spraying was 0.71975~0.78025 g/L, A50 powder application was 1.43950~1.56050 kg/667m<sup>2</sup>.

**Keywords:** strawberry; sugar acid content; biofertilizer