

草莓施肥效应分析和最佳配方*

朱晓波 蒋孟大 王恩莲 潘耀平 季国平

(江苏丘陵地区镇江农科所)

摘 要

应用电脑和二次回归旋转设计进行草莓三要素定量试验,建成了施肥的数理模型,经F检验和田间验证,该模型拟合良好,合理可行。据模型分析,氮、磷肥效及其两者交互效应都很明显,但钾肥效果不显著;电脑拟定的最佳施肥配方是:亩施3.4公斤N, 4.3公斤 P_2O_5 , 2.5公斤 K_2O 。

草莓是色、香、味皆优的水果珍品,近年来作为新兴致富作物已推广到全国二十多个省市,仅江苏句容县就种植近万亩,成为我国南方最大的草莓生产基地。为指导基地农民合理施肥,在网室进行三要素微区试验的基础上,1985年秋在采果田进行定量试验,并应用电脑建立施肥模型和寻优。其最佳施肥配方得到示范验证。

一、材料与方法

试验分主体试验和示范试验,二者均在句容白兔镇进行,试验田属于苏南丘陵地区典型的岗坡旱地,母质为下属黄土,土种为耕作黄土,土壤某些理化性状见表1。

表1 供试土壤某些理化性状

试验类别	试验地点	有机质 (%)	有效磷 (P, ppm)	速效钾 (K_2O , ppm)	pH (H_2O)
主体试验	解塘村	1.11	14.3	160	7.1
示范试验	解塘村	1.13	9.6	132	6.8
	上兰村	1.37	7.3	120	6.5
	长岗村	1.22	6.5	89	6.4

主体试验在1985~1986年度进行,采用二次回归旋转设计①,研究因素为:氮肥用量(X_1 ——亩施硫酸铵10至30公斤),磷肥用量(X_2 ——亩施过磷酸钙12.5至37.5公斤),钾肥用量(X_3 ——亩施硫酸钾5至15公斤)。最小施肥量代码取0,最大施肥量代码取1,将上述肥料用量进行线性代换,编码组合成

16个处理,另外增设无肥处理(CK),共17个处理,重复2次。小区面积0.02亩,试验设计见表2。

表2 主体试验因素编码表*

研究因素	肥料品种	编 码 用 量(公斤/亩)	变 量 设 计 水 平				
			0	0.14	0.5	0.86	1
氮肥(X_1)	硫酸铵		10	12.8	20	27.2	30
磷肥(X_2)	过磷酸钙		12.5	16	25	34	37.5
钾肥(X_3)	硫酸钾		5	6.4	6.4	13.6	15

* 硫酸铵含N20%; 过磷酸钙含 P_2O_5 14%; 硫酸钾含 K_2O 50%。

本工作属赵亚夫同志主持的“草莓栽培技术研究”的一部分,工作中得到陈留根、张冬才大力支持。本文经副研究员阮妙增审阅。在此一并致谢。

①张宁:确定经济合理施肥量采用的肥料设计方法。中国农科院土肥所编印,第18页,1983年。

示范试验在1986~1987年度进行,根据主体试验所得的最佳施肥配方设计4个处理:(1)最佳配方——亩施硫铵17公斤,过磷酸钙31公斤,硫酸钾5公斤;(2)高氮配方——亩施硫铵25.5公斤,过磷酸钙31公斤,硫酸钾5公斤;(3)低磷配方——亩施硫铵17公斤,过磷酸钙15.5公斤,硫酸钾5公斤;(4)无钾配方——亩施硫铵17公斤,过磷酸钙31公斤。示范小区面积0.15亩,在解塘、上兰、长岗三个试验点共重复5次。

试验田不施有机肥,化肥全部用作基肥。试验采用高垄双行定植法,垄宽1.17m,垄高0.25m,行距23cm,株距22cm,亩栽5700苗,定植苗单株鲜重10克左右。试验田于11月10日定植,翌年1月上旬匀地面覆盖地膜,2月下旬破膜提苗。其他田间管理与大面积生产相似。

二、结果与分析

(一)产量结果及数学模型

将主体试验小区实际产量结果(从略),输入PC—1500计算机,应用江苏农科院现代化所编制的数理统计分析程序^①,获得关于草莓施肥模型:

$$Y = 408.3 + 33.88X_1 + 215.1X_2 - 58.40X_3 \\ + 134.9X_1X_2 + 91.49X_1X_3 + 13.36X_2X_3 \\ - 203.6X_1^2 - 196.6X_2^2 + 11.37X_3^2 \dots\dots\dots(1) \\ (Se = 25.3, \quad r = 0.937^{**})$$

式中:Y是草莓鲜果产量,以“公斤/亩”表示;X₁, X₂, X₃是有关化肥的施用量,以前述代码表示。

模型(1)中X₁²和X₂²项系数均为绝对值较大的负值,意味着氮肥和磷肥的施用,明显地存在着报酬递减效应(见表3氮、磷肥效应函数),其效应曲线是向上凸的,这与以往对各种作物的施肥实践结论相符。模型(1)中,X₃²项系数虽然是正值,但其绝对值很小,远未达到显著水平,由表3中的钾肥效应函数可知,钾肥效应曲线是平缓的,这与作物在富钾土壤上奢侈吸收钾素的理论^[1]是吻合的。

(二)效应分析

1. 综合效应 模型(1)中,常数项反映三要素施用量均处在零水平(即亩施硫铵10公斤,过磷酸钙12.5公斤,硫酸钾5公斤)条件下的草莓果产量,为408.3公斤/亩,比无肥区(CK)产量(276.5公斤/亩)高131.8公斤,增产47%,表明施肥的增产效果是很明显的;回归系数b₁, b₂, b₃反映氮磷钾各自的线性增产效应;b₁₂, b₁₃, b₂₃反映各种肥料之间的交互效应;b₁₁, b₂₂, b₃₃反映增施肥料的报酬递减效应。本试验中,根据编码情况和各回归系数的大小,可以判别各种肥料的线性增产效应对产量影响的大小,其顺序是:磷肥>>氮肥>钾肥。可见施足磷肥是获得草莓高产的必要条件。

2. 单项效应 在模型(1)中将其中两个因素固定在某一水平,可得到表3中一系列一元二次回归方程,恰似在特定条件下所做的一组单元素肥料试验。表3中的最适施肥量,可用求函数极大值的方法得出。

(1) 氮肥效应 据式(2),在低量磷肥条件下,单施氮肥没有明显的增产效果,据式(3),

^①江苏农科院现代化所,陈留根等,苏引梗一号高产栽培技术研究,1985年。

表3 不同条件下的单元素肥料效应

变量因素	固定因素水平				施肥效应函数	公式号	最适用量 (公斤/亩)	最高产量 (公斤/亩)
	氮肥 (公斤/亩)	磷肥 (公斤/亩)	钾肥 (公斤/亩)	等级代号				
氮肥效应		12.5	5	低	$Y = 408.3 + 33.88X_1 - 203.6X_1^2$	(2)	11.7	410
		25	10	中	$Y = 443.7 + 147.1X_1 - 203.6X_1^2$	(3)	17.2	470
		37.5	15	高	$Y = 393.1 + 260.3X_1 - 203.6X_1^2$	(4)	22.7	476
磷肥效应	10		5	低	$Y = 408.3 + 215.1X_2 - 196.6X_2^2$	(5)	26.2	467
	20		10	中	$Y = 370.9 + 289.2X_2 - 196.6X_2^2$	(6)	30.9	477
	30		15	高	$Y = 283.0 + 363.4X_2 - 196.6X_2^2$	(7)	35.6	451
钾肥效应	10	12.5		低	$Y = 408 - 58.4X_3 + 11.4X_3^2$	(8)		
	20	25		中	$Y = 466 - 5.98X_3 + 11.4X_3^2$	(9)		
	30	37.5		高	$Y = 392 + 46.5X_3 + 11.4X_3^2$	(10)		

在配施中量磷肥情况下,氮肥增产效果变得明显,氮肥用量以亩施17公斤硫铵为好,此时亩产达470公斤,大约每公斤硫铵平均增产3.7公斤鲜果;据式(4),在磷肥用量偏高时,氮肥用量也应相应提高。但与生长季节相同的小麦、油菜等相比,草莓对氮肥的需要量很低,仅相当于前者的一半左右。

(2)磷肥效应 据表3磷肥效应函数,氮钾用量无论高或低,磷肥的增产效果都十分显著。据式(5),即使在低氮情况下(亩施硫铵10公斤),只要磷肥用量恰当(亩施过磷酸钙26公斤),亩产仍可达467公斤;据式(6),在氮肥供应中量时(亩施硫铵20公斤),磷肥适宜用量为31公斤,亩产达477公斤;据式(7),氮肥用量超过30公斤/亩时,磷肥用量应追加到35公斤以上,钾肥用量也应增加,以调整氮、磷、钾供应比例,抑制氮素过度吸收,减轻肥害,减少产量损失[2]。

(3)钾肥效应 据式(8),在速效钾肥高达160ppm(K_2O)的土壤上,当氮磷供应不足时,大量施钾反而有一定的减产趋势;由于氮钾之间有一定的交互作用,故当氮素供应过量时(亩施硫铵30公斤),钾肥对抗氮素的吸收,表现出增产趋势[见模型(1)和表2中式(10)]。但是,增施钾肥的增产或减产作用都不显著。

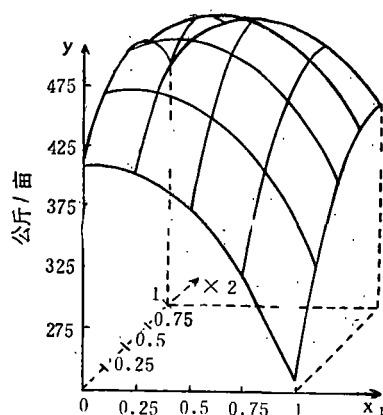


图1 氮肥(X_1)与磷肥(X_2)对产量(Y)的交互作用

3.交互效应 模型(1)中固定某一肥料的施用量,就可以得到其余二种肥料的二元回归方程,以此分析各种肥料之间的交互作用。分析结果表明:氮磷交互效应是显著的正相关(图1);氮钾交互效应是近显著的正相关;磷钾之间不存在交互效应。

下面以氮磷关系为例来说明交互作用的实质。当钾肥用量固定在零水平时,即 $X_3 = 0$,模型(1)就简化为氮肥用量、磷肥用量与产量的数学关系:

$$Y = 408.3 + 33.88X_1 + 215.1X_2 + 134.9X_1X_2 - 203.6X_1^2 - 196.6X_2^2 \dots\dots(11)$$

图1表示了式(11)的关系。从图1可看

出:氮肥和磷肥的综合效应表现为一个明显向上凸的曲面。这说明,氮磷肥料不足或过量,产量都会降低:即二种肥料用量必须保持合理的配比关系,使氮磷综合效应处于曲面的顶点,才能获得较高的产量和最大的利润。

(三)最佳施肥配方及其验证

利用草莓施肥模型,可以在电子计算机上很方便地获得高产或高收益的最佳施肥配方。在本试验条件下,以产量为目标的氮、磷、钾的最佳施肥配方是:亩施17公斤硫酸铵,31公斤过磷酸钙,5公斤硫酸钾,相当于3.4公斤N,4.3公斤 P_2O_5 ,2.5公斤 K_2O ,其 $N:P_2O_5:K_2O=1:1.26:0.74$,按此配方施肥,较不施肥的增产200~300公斤,增产率为70~80%。

为了对最佳配方作进一步验证,1986—1987年,将试制“草莓专用肥”供白兔镇农民试用,并布置了三个示范试验,试验结果经方差分析表明,在最佳配方的基础上,增施氮肥50%,或免施钾肥,产量基本不变;但若将磷肥用量减少一半,则产量明显下降(表4)。说明最佳

配方具有一定的适用性。

表4 最佳配方的示范试验结果

处理 代号	施肥量(公斤/亩)			草莓鲜果 平均产量 (公斤/ 亩)	差异显著性	
	硫酸 铵	过磷 酸钙	硫酸钾		$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
最佳	17	31	5	623	a	A
高氮	25.5	31	5	620	ab	A
无钾	17	31	0	600	ab	A
低磷	17	15.5	5	567	b	A

农民对“草莓专用”肥的反映较好。例如,农民张圣全在同一块田分片施用40公斤/亩“专用肥”和等量的南化公司生产的通用复合肥($N\ 9\%, P_2O_5\ 8\%, K_2O\ 3.5\%$),结果“草莓专用肥”比通用肥增产14.7%,说明专用复合肥的生产应根据区域土壤和作物营养特点,通过田间定量试验来拟定生产配方。

三、小 结

几年工作结果一致表明,在苏南丘陵地区下蜀黄土母质发育的岗坡旱地上种植草莓时,为了获得较高的施肥效益,三要素肥料的施用必须保持合理的配比关系,适宜的配比是 $N:P_2O_5:K_2O=1:1.26:0.74$ 。

由于该地区土壤供磷能力差,所以,要求先考虑磷肥的施用,施足磷肥是草莓高产的必要条件,适宜用量为亩施过磷酸钙31公斤左右。

草莓需氮量较低,但对氮肥的反映敏感,偏施氮肥会造成徒长、减产。所以,氮肥的用量应适当控制,以亩施硫酸铵17公斤左右为宜。

该地区土壤缺钾不严重,钾肥对草莓产量的影响不大。在市场供应钾肥紧张的情况下,可以少施或免施钾肥。

参 考 文 献

- [1]陈伦寿、李仁岗主编,农田施肥与实践。第26—28页,农业出版社,1984。
- [2]彭克明、裴保义主编,农业化学(总论),第31页,农业出版社,1980。