

棉花施肥效应的经济分析

王 黎

(山东农业大学)

一、分析依据

作物施肥效应是指作物对所施用肥料在产量上的反应。通过对试验数据的统计,即可拟合出反映作物产量和施肥水平关系间的施肥效应曲线(或曲面)。人们根据肥料效应曲线(或曲面)方程可以对肥料的经济效益进行各种分析,并求出最高产量施肥量、最佳经济施肥量、不同利润率的施肥量以及最大利润率的施肥量等,可作为农业生产上提供施肥建议时的参考。

但是,肥料效应函数只是一定条件下肥料用量与作物产量间相互关系的反映,它将随条件而变化。因此,在使用肥料效应方程推荐各种肥料用量时,必须考虑其使用条件。否则,将毫无意义或甚至导出错误的结论。

1982—1985年,笔者参加了“山东省棉花综合开发试验”及“黄淮海中低产田棉花开发试验”。曾在山东省西北部潮土区(包括盐化潮土),进行了棉花氮肥试验(以百斤过磷酸钙为底肥和磷肥试验(各处理施用等量氮素追肥),以及氮磷肥配合试验,六年累计试验总数共43个(其中有12个试验设三次重复,其余为多年多点无重复试验)。氮肥试验设对照、每亩纯氮12斤、24斤和36斤四个处理;磷肥试验设对照、每亩纯磷(P_2O_5) 8斤、16斤、24斤四个处理;氮磷

从三叶草的产量来看,接种耐药突变菌株的效果也是令人满意的。表6结果表明,在营养条件相似的情况下,接种者较未接种者鲜草产量增加912.5斤,增产率高达50.5%。

三、小 结

1. 耐药突变菌株的入侵力、固氮酶活性和结瘤数与亲株大致相同。
2. 耐药突变菌株接种至绛三叶草上,可以提高绛三叶草的结瘤率、固氮量和鲜草(或干物质)的产量。
3. 耐药突变菌株较能忍受高剂量抗菌素的影响,并可通过含药平板测定其在土壤中的消长情况。

参 考 文 献

- [1] Schwing Hamer, E. A., Canadian Journal of microbiology, Vol, 10, 1964.
- [2] Zelazna-Kowalska, I., Plant and Soil, Special Volume, 67-71, 1971.
- [3] Gupta, B. M. and Kleczkowska, J. J., gen, Microbial, 27: 473-476, 1962.
- [4] Brockwell, J., Schwinghamer. E. A. and Gault, R. R., Soil Biol, Biochem., 9: 19-24, 1977.
- [5] Margaret. E. Brown, J. gen. Microbiol., 24: 369-377, 1961.

肥试验设对照及氮磷比为1:0.5、1:1和1:1.5四个处理。试验地属中等肥力水平;土壤有机质含量为0.6—0.9%;全氮为0.06—0.07%;有效磷为5—10 ppm;有效钾为100—120 ppm;碱解氮为27—32 ppm; pH值为7.4左右。试验小区面积为0.1亩。棉花品种为鲁棉一号(1984及1985年为鲁棉六号),棉花成熟后分次采摘,累计计产。

根据棉花施用氮肥的试验结果,以氮肥用量 x 为横坐标,棉花产量 y 为纵坐标,作散点图。用最小二乘法,经曲线拟合检验,其施肥效应曲线呈抛物线型,数学模型为一元二次方程式。数据经PC—1500袖珍电子计算机处理,得: $b_0 = 158.1$; $b_1 = 1.868$; $b_2 = -0.041$,从而配置出棉花氮肥效应方程式为: $y = 158.1 + 1.868x - 0.041x^2 \dots\dots (A)$

此方程式经回归方差分析(表1)表明,棉花产量与氮肥施用量之间回归关系显著,故方程式成立。

表 1 棉花氮肥效应方程的回归方差分析

变异来源	自由度	平方和	均方差	F值	显著水准
回归	2	356	178	55.63**	$F_{0.05} = 5.79$
剩余	5	16	3.2		$F_{0.01} = 13.27$
总数	7	372			

同样,根据棉花氮磷肥试验结果,以在同一平面中相互垂直的 x 轴与 z 轴分别代表氮、磷肥施用量,在空间同时垂直于 x 和 z 轴的 y 轴代表棉花产量,作一空间曲面,数据用PC—1500计算机处理,配置得一曲面效应方程式为:

$$y = 143.2 + 16.78x - 0.55x^2 + 21.68z - 0.78z^2 + 0.33xz \dots\dots (B)$$

此方程式经回归关系显著性测定,亦达到显著水平。

二、分析内容

(一) 单位面积最高产量施肥量的确定 在化肥供应充足又无需考虑成本的条件下,若要获得最高产量时,可根据已求得的效应方程(A或B),求其边际产量(dy/dx)等于零时的施肥量,就可求出单位面积获得最高产量时所需施用肥料的数量。

1. 获得最高产量时的氮肥用量:根据 $y = 158.1 + 1.868x - 0.041x^2$ 方程式求 $dy/dx = 1.868 - 0.082x$ (y 对 x 的一阶导数)令其等于0,解之, $x = 22.78$ (斤/亩)

即当亩施纯氮22.78斤时,单位面积皮棉产量为最高,亦为棉花氮肥施用量之上限。但此时的边际产量等于零,即再增施单位量肥料时其增产量为零。所以,其施肥利润并未达到最大值,故此氮肥施用量并非是最经济的。

2. 获得最高产量时的氮磷肥施用量:根据 $y = 143.2 + 16.78x - 0.55x^2 + 21.68z - 0.78z^2 + 0.33xz$ 方程式,求 y 对于 x (或 z)的一阶偏导数,并令其等于零,即可求出棉花最高产量时,每亩所需施用纯氮(x)和纯磷(z)的数量,即:

$$\begin{cases} \partial y / \partial x = 0 \\ \partial y / \partial z = 0 \end{cases} \begin{cases} 16.78 - 1.1x + 0.33z = 0 \\ 21.68 - 1.56z + 0.33x = 0 \end{cases}$$

解之,得 $x = 20.74$ (斤/亩), $z = 18.28$ (斤/亩)。

计算表明,亩施纯氮20.74斤,纯磷(P_2O_5)18.28斤时,可获得籽棉最高产量。当然,此时的施肥利润也并非最高。

(二) 单位面积最佳经济施肥量的确定 在农业生产中,降低施肥成本,提高施肥经济效益和争取获得最大利润是十分重要的。在化肥供应充足的条件下,只需使边际产量等于肥料价格(P_x 或 P_z)与产品价格(P_y)之比,即可获得最大利润。

1. 获得最佳经济施肥量时的氮肥用量:按市场纯氮价格(P_x)0.55元/斤和皮棉价格(P_y)1.80元/斤计算,根据施肥效应方程式A得: $y = 158.1 + 1.868x - 0.041x^2$

因为: $dy/dx = P_x/P_y$ 所以: $1.868 - 0.082x = \frac{0.55}{1.80}$, 解之, $x = 19.05$ (斤/亩)

计算表明,当每亩施用纯氮19.05斤时,单位面积上可获得最大施肥利润,此用量即为该条件下的最佳经济施肥量,但此时的皮棉产量并不是最高。

2. 获得最佳经济施肥量时的氮、磷肥用量:按市场纯氮(P_x)价格0.55元/斤,纯磷(P_z)价格0.5元/斤,籽棉价格(P_y)0.6元/斤计算,同理,求方程B中, y 对 x (及 z)的一阶偏导数为:

$$y = 143.2 + 16.78x - 0.55x^2 + 21.68z - 0.78z^2 + 0.33xz$$

$$\begin{cases} \partial y / \partial x = P_x / P_y & \begin{cases} 16.78 - 1.1x + 0.33z = 0.55 / 0.6 \\ 21.68 - 1.56z + 0.33x = 0.5 / 0.6 \end{cases} \end{cases}$$

解之,得: $x = 19.68$ (斤/亩), $z = 17.53$ (斤/亩)。

计算表明,当亩施纯氮19.68斤,纯磷(P_2O_5)17.53斤时,单位面积上可获得最大施肥利润。此用量即为该条件下棉花的最佳经济施肥量。

(三) 边际利润率(R)与施肥量和施肥利润的关系 当棉花的施肥量处于最佳经济施肥量时,其边际利润率等于零($R = 0$),这时虽然单位面积的施肥利润最大,但单位量肥料的经济效益却有所减少(表2)。在农业生产中,为提高肥料投资的经济效益和获得最优投资利润,一般选用 $R > 0$ 的施肥量。

由于边际利润率(R)是纯利润与成本之比,所以:

$$R = \frac{dy \cdot P_y - dx \cdot P_x}{dx \cdot P_x} = \frac{dy \cdot P_y}{dx \cdot P_x} - 1$$

整理后得:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{P_x}{P_y} (R + 1) \dots \dots (C)$$

不同 R 值时的施肥量可用C式求得。由此式还可以看出:(1)当 $R = 0$ 时(即边际利润率等于零),则 $\frac{dy}{dx} = \frac{P_x}{P_y}$, 这时的施肥量为最佳经济施肥量;(2)当 $R = -1$ 时,则 $\frac{dy}{dx} = 0$ (边际产量等于零),这时的施肥量为最高产量时的施肥量。

1. R 值不同时,棉花氮肥施用量及利润为: $y = 158.1 + 1.868x - 0.041x^2$

根据C式计算得: $1.868 - 0.082x = \frac{0.55}{1.80} (R + 1)$

$x = 22.78 - 3.73(R + 1)$, 此式经PC—1500型袖珍计算机处理后,得表2。

由表2可知,随着 R 值的减小,每亩棉田的肥料投资必将增加,但施肥利润却按递减率增加,这是由报酬递减率决定的。当 $R = 0$ 时,施肥利润为最高;当 R 由0.5降至0.0时,每亩田块肥料投资需增加1元,而施肥利润仅增加0.2元,肥料投资的经济效益明显减少。所以若想获得最佳肥料投资利润,则必须选用 $R > 0$ 时的施肥量。

当 $R = -1$,即达到最高产量施肥量时,施肥利润也有所减少。所以选用 $R > 0$ 时的施肥量是较合理的。

表 2

棉花氮肥试验中不同边际利润率(R)的施肥量和利润

边际利润率 (R)	施氮量 (斤/亩)	皮棉产量 (斤/亩)	肥料投资 (元/亩)	回 收 (元/亩)	利 润 (元/亩)
2.0	11.6	174.3	6.4	29.2	22.8
1.5	13.5	175.9	7.4	32.0	24.6
1.0	15.4	177.1	8.4	34.3	25.9
0.5	17.2	178.1	9.4	36.1	26.7
0.0	19.05	178.9	10.4	37.4	26.9
-1.0	22.78	179.4	12.4	38.4	25.9

2. R值不同时, 棉花氮、磷肥的用量及施肥利润: 根据方程式 B, 不同R值时的施肥量可用下式来计算:

$$\frac{\partial y}{\partial x_i} = \frac{P_{xi}}{P_y}(R+1)$$

式中: x_i 为肥料用量, P_{xi} 为肥料价格。

$$\text{由 } y = 143.2 + 16.78x - 0.55x^2 + 21.68z - 0.78z^2 + 0.33xz$$

$$\text{得, } \begin{cases} 16.78 - 1.1x + 0.33z = 0.55(R+1)/0.6 \\ 21.68 - 1.56z + 0.33x = 0.5(R+1)/0.6 \end{cases} \text{ 解之, } \begin{cases} x = 19.68 - 0.95R \\ z = 17.53 - 0.39R \end{cases}$$

用上式可求出不同R值时的氮肥施用量及磷肥施用量、肥料成本、回收额及施肥利润。并可得出与一元肥料效应方程相同的结论。再次表明, 在农业生产中只有选用 $R > 0$ 的施肥量才是最合理的。

(四) 最大利润率施肥量的确定 在资金缺乏或肥料供应不足难以从单位面积土地上获得最大施肥报酬的条件下, 则应考虑从肥料投资中获得最大利润率, 从而提高肥料的经济效益。此时应确定肥料投资最大利润率的施肥量, 即经济合理施肥量的下限。

设单位面积施肥固定耗费成本(即施肥所消费的费用)为K, 总成本为G, 单位面积施肥利润为U, 则:

$$U = y \cdot P_y - G \quad G = x \cdot P_x + K \quad (x, y, P_x, P_y \text{ 意义同前})$$

$$\text{而肥料投资的利润率应为: } \frac{U}{G} = \frac{y \cdot P_y - G}{G} = \frac{y \cdot P_y}{G} - 1 \dots\dots (D)$$

如将一元二次方程式 $y = b_0 + b_1x + b_2x^2$ (b_0, b_1, b_2 为 x 的常数项、一次项及二次项的系数值) 的值代入D式, 则肥料投资的利润率应为:

$$\frac{U}{G} = \frac{(b_0 + b_1x + b_2x^2) \cdot P_y}{x \cdot P_x + K} - 1$$

求该式对 x 的导数, 并令其等于零, 即求得最大利润率的施肥量为

$$X = \frac{-b_2K \pm [(b_2K)^2 - b_1 \cdot b_2 \cdot K \cdot P_x]^{\frac{1}{2}}}{b_2 \cdot P_x}$$

若每亩施肥的固定消耗费按 $K = 0.1$ 元计算时, 对 $y = 158.1 + 1.868x - 0.041x^2$ 氮肥效应方程式, 可解得: $x = 2.75$ (斤/亩)

所以当肥料投资有限时(设为322.5元), 则施肥量不论高于或低于这一最大利润率施用量(2.75斤), 其肥料投资利润均会减少(表3)。

表 3 在肥料投资有限的条件下改变施肥量对肥料投资利润的影响

肥料投资 (元)	施肥面积 (亩)	施肥量 (斤/亩)	肥料投资利润 (元)
322.5	113.16	5.0	1371.13
322.5	140.22	4.0	1397.54
322.5	200.00	2.75**	1415.20**
322.5	348.65	1.5	1378.21
322.5	496.15	1.0	1309.14

由上表看出,在肥料投资利润最大时的施肥量(2.75斤/亩),投资可以获得肥料最大的报酬(为1415.2元);当施肥量降至1斤/亩时,虽然施肥面积比前者增加了296.15亩,但因施肥固定消耗成本增加较多,从而使施肥利润减少了106.6元;反之,当施肥量由每亩2.75斤增至5斤时,因施肥面积较前者减少了86.84亩,故肥料投资利润仍减少93.07元。所以,当肥料投资有限时,为获得肥料投资的最大利润,应选

用经济合理施肥量的下限,即最大利润的施肥量。

三、结 论

1. 多年多点棉花田间试验结果经PC—1500袖珍计算机处理后,可以较方便的配置肥料效应方程式,为提供适合各种生产条件下的棉花施肥建议创造了可能性。

2. 本试验中,棉花氮肥效应方程式为: $y = b_0 + b_1x + b_2x^2$ 形式;棉花氮磷肥效应方程式为: $y = b_0 + b_1x + b_2x^2 + b_3z + b_4z^2 + b_5xz$ 形式。根据此方程式可求出一定条件下棉花的最高产量时的施肥量(H);最佳经济施肥量(F)以及不同边际利润率时的肥料投资最大利润率的施肥量(E)。三者间通常具有以下的关系: $H > F > E$

3. 在农业生产中,提高施肥的经济效益是至关重要的。在化肥供应充足的条件下,可选取边际利润率(R)大于零的最佳经济施肥量其单位面积获得的施肥利润也最大;在肥料资金不足的情况下,则应选取最大利润率的施肥量,其肥料投资利润亦最高。

4. 在鲁西北潮土地地区,在一般地力水平基础上,亩产皮棉150斤左右时,棉花单施氮肥,其最佳经济施肥量为每亩纯氮19斤(折合硫酸90斤);氮磷配合施用时,其最佳经济施肥量为每亩纯氮19.7斤(折合硫酸93斤),纯磷17.5斤(折合过磷酸钙109斤)。以上用量可供生产条件相似地区作为参考。

参 考 文 献

- (1)Andex Guinard,根据肥料反应曲线和曲面方程式制定最佳经济施肥量。土壤学进展,13(4):37—41,1985。
- (2)姚报箭,利用肥料反应试验和经济模式确定最佳施肥量。土壤通报,13(1):1—5,1982。
- (3)陈伦寿等,农田施肥原理与实践,28—110页,农业出版社,1984。
- (4)王兴仁,二元二次肥料效应曲面等产线图在科学施肥中的位置。土壤通报,16(1):30,1985。
- (5)王黎,施肥经济效益浅析,土壤肥料,4:2—5,1985。

(上接第96页)

红壤化过程后,又附加了土壤的“复盐基”过程。因此,建议将上述海岛的土壤及其类似的土壤定为红壤的一个新的亚类——海岛红壤亚类或饱和红壤亚类。