

砂土地肥料配施对小麦产量和土壤肥力的影响*

谭金芳 崔党群 赵 鹏 杨百黎
 (河南农业大学农学院, 郑州 450002)

摘 要 采用四因子二次通用旋转设计, 研究了砂土地施用有机肥、氮肥、磷肥和钾肥对小麦产量的作用和对土壤肥力的影响及其施肥因子之间的交互作用和最适配比。结果表明: 有机肥、氮肥、磷肥和钾肥与小麦产量呈二次回归关系, 砂土地要提高产量和培肥地力应立足于肥料配合施用, 重施有机肥, 酌情多施磷肥。
 关键词 小麦 砂土地 肥料配施 培肥地力

河南省约有70多万 hm^2 砂土地, 因其质地粗, 漏水漏肥, 肥力较低。怎样提高这类土壤肥力, 增加作物产量, 一直受到科技人员的关注。众所周知, 肥料在提高作物产量和培肥地力方面有其重要作用, 而且肥料配施对其影响更为深刻。为了探讨砂土地增加产量、培肥地力的最佳肥料配施方案, 我们以小麦为供试作物, 进行了肥料配施试验, 以期对砂土地合理配施肥料提供科学依据。

1 材料和方法

试验地与试验设计: 试验在河南省兰考县城关镇张庄村进行, 试验地肥力中等, 有机质 $8.60\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全氮 $1.41\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全磷 $1.36\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全钾 $6.80\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 碱解氮 $64.45\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 速效磷 $6.89\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 有效钾 $91.00\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。采用四因子二次通用旋转设计, 进行肥料配施试验, 共31个处理组合(表2), 以研究各类肥料的产量效应。四个试验因子为: 有机肥(x_1)、氮肥(x_2)、磷肥(x_3) 和钾肥(x_4), 各因子的水平编码见表1。试验小区长8m, 宽2.8m, 面积 22.4m^2 ; 31个小区随机排列, 不设重复。

表1 各因子水平编码 (单位: kg/hm^2)

水平编码	有机肥用量	氮肥(纯 N 量)	磷肥(纯 P_2O_5 量)	钾肥(纯 K_2O 量)
- 2	0	0	0	0
- 1	15000	75	45	75
0	30000	150	90	150
1	45000	225	135	225
2	60000	300	180	300

1997- 02- 20收稿。
 * 世界银行贷款资助项目。

施肥和管理: 有机肥为优质家畜粪, 全部作基肥; 氮肥用尿素, 其中2/3作基肥, 1/3于小麦拔节期施入; 磷肥用过磷酸钙, 钾肥用硫酸钾, 均作基肥。小麦品种为豫麦21号, 10月19日播种, 灌水、防治病虫害和中耕等田间管理按高产栽培进行。

收获与统计: 小麦成熟后每小区实收10m², 脱粒测产, 折合成单产, 进行统计分析, 建立产量依各施肥因子的二次回归方程, 并解析各施肥因子的产量效应及其互作。同时, 取土壤样品进行土壤肥力分析。

2 结果与分析

2.1 施肥因子与产量的关系

施肥因子与产量的关系列于表2, 小麦产量依各施肥因子的二次回归方程如下:

$$y = 6437.1 + 167.8x_1 + 324.9x_2 + 228.0x_3 + 74.0x_4 + 61.1x_1^2 - 219.5x_2^2 + 27.0x_3^2 - 50.9x_4^2 - 32.4x_1x_2 - 47.4x_1x_3 - 147.6x_1x_4 + 28.8x_2x_3 - 13.1x_2x_4 - 12.6x_3x_4$$

表2 施肥因子(结构矩阵)与小麦产量

处理 编号	有机肥 (<i>x</i> ₁)	氮肥 (<i>x</i> ₂)	磷把 (<i>x</i> ₃)	钾肥 (<i>x</i> ₄)	产量 (kg/hm ²)	处理 编号	有机肥 (<i>x</i> ₁)	氮肥 (<i>x</i> ₂)	磷把 (<i>x</i> ₃)	钾肥 (<i>x</i> ₄)	产量 (kg/hm ²)
1	1	1	1	1	6488	17	2	0	0	0	7355
2	1	1	1	- 1	7088	18	- 2	0	0	0	6006
3	1	1	- 1	1	6366	19	0	2	0	0	6527
4	1	1	- 1	- 1	6263	20	0	- 2	0	0	4589
5	1	- 1	1	1	6488	21	0	0	2	0	6675
6	1	- 1	1	- 1	6338	22	0	0	- 2	0	6413
7	1	- 1	- 1	1	5640	23	0	0	0	2	6459
8	1	- 1	- 1	- 1	6038	24	0	0	0	- 2	6006
9	- 1	1	1	1	7413	25	0	0	0	0	6418
10	- 1	1	1	- 1	6366	26	0	0	0	0	6450
11	- 1	1	- 1	1	5901	27	0	0	0	0	6398
12	- 1	1	- 1	- 1	6120	28	0	0	0	0	6520
13	- 1	- 1	1	1	6038	29	0	0	0	0	6365
14	- 1	- 1	1	- 1	6300	30	0	0	0	0	6461
15	- 1	- 1	- 1	1	6146	31	0	0	0	0	6443
16	- 1	- 1	- 1	- 1	5096						

回归方程的显著性测验结果表明: $F = 3.67^{**}$ ($F_{0.01, 14, 16} = 3.45$), $R = 0.8733$ 。说明有机肥、氮肥、磷肥和钾肥四个施肥因子与小麦产量存在极显著的回归关系; 但不同因子与产量的相关程度不同。进一步的统计分析表明, 各施肥因子的主效应和二次效应偏回归均达显著或极显著水平, 而因子之间的交互作用对产量的偏回归只有有机肥同氮肥、磷肥和钾肥的互作分别达显著或极显著水平, 说明尽管回归方程拟合得很好, 但不同因子或互作对产量的作用大小还存在一定差异。虽然有机肥同氮肥、磷肥和钾肥的互作分别达显著或极显著水平, 但偏回归系数均为负值, 说明有机肥在一定程度上可以弥补氮肥(尿素)、磷肥(过磷酸钙)和钾肥(硫酸钾)的不足。

将四个施肥因子进行主成分分析(表3)可以看出,在砂土地上有机肥对产量起主要作用,其次是磷肥,然后是钾肥,最后是氮肥。这表明在砂土地上施用有机肥对提高小麦产量特别重要,磷肥的作用也很关键,而在充足有机肥条件下,氮肥的作用显得不足。不能忽视。

表3 各施肥因子的主成分分析

项 目	有机肥(x_1)	氮肥(x_2)	磷肥(x_3)	钾肥(x_4)
主成分估计	206.1540	50.7115	-177.6759	-443.5568
特 征 向 量	0.8771	-0.0469	-0.2487	-0.4082
	0.1620	0.0519	0.9557	0.2401
	0.4467	-0.0829	0.1494	0.8782
	-0.0702	0.9941	-0.0492	0.0665

分别固定产量依施肥因子二次回归方程中的三个因子在0水平(平均施肥量),可得到各施肥因子对产量影响的单因子效应方程:

$$y_1 = 6437.1 + 167.8x_1 + 61.1x_1^2;$$

$$y_2 = 6437.1 + 324.9x_2 - 219.5x_2^2;$$

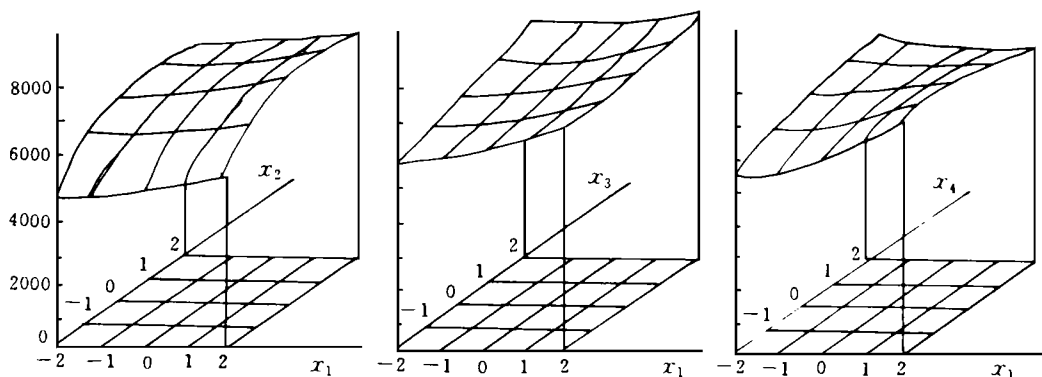
$$y_3 = 6437.1 + 228.0x_3 + 27.0x_3^2;$$

$$y_4 = 6437.1 + 74.0x_4 - 50.9x_4^2.$$

从上述方程看出,有机肥和磷肥与产量的关系比较一致,一次项和二次项系数均为正值,都呈下凹的二次抛物线(图略),磷肥的最低点在其定义域以外,有机肥的最低点虽在其定义域内,但比较接近定义域的下限,可见有机肥和磷肥施用量增加,产量一般也增加,这进一步表明增施有机肥和磷肥对提高小麦产量具有重要作用。而氮肥和钾肥与产量的单因子效应方程的一次项系数为正值,二次项系数为负值,其效应曲线为上凸的抛物线(图略),说明氮肥和钾肥的施用量都有一个限度,超过了这个限度,增加施用量非但不能增产,反而会减产。

2.2 肥料互作效应

分别固定产量依施肥因子二次回归方程中的两个施肥因子在0水平(平均施肥量),又得到一组两施肥因子互作对产量影响的两因子效应方程,其轨迹描绘在附图。



附图 肥料的两因子互作效应

2.2.1 有机肥与氮肥互作对小麦产量的影响 无论有机肥施用多少,产量都随氮肥施用量的增加呈低—高—低变化,且都在纯N施用量为 225kg/hm^2 ($x_2=1$)左右时,产量达最大值;而无论氮肥施用多少,产量均随有机肥施用量的增加而上升。所以,今后应加大有机肥的施用量。

2.2.2 有机肥与磷肥的互作趋势 固定有机肥施用量,产量都随磷肥施用量的增加而增加,这表明磷肥的施用量是小麦增产的限制因子之一。然而当磷肥的纯 P_2O_5 施用量小于 90kg/hm^2 ($x_3=0$)时,产量随有机肥施用量的增加而增加,说明两者在低用量条件下的交互作用非常明显;当磷肥的纯 P_2O_5 施用量在 90kg/hm^2 ($x_3=0$)左右或以上时,产量随有机肥施用量的增加呈高—低—高变化,但曲率很小。因此,增施有机肥和磷肥是提高小麦产量的关键。

2.2.3 有机肥与钾肥的互作 当有机肥的施用量小于 30000kg/hm^2 ($x_1=0$)时,产量随钾肥施用量的增加而增加;有机肥的施用量在 30000kg/hm^2 ($x_1=0$)左右或以上时,产量随钾肥施用量的增加呈低—高—低变化,但曲率很小。当有机肥的施用量增加到 60000kg/hm^2 ($x_1=2$)左右时,产量随钾肥施用量的增加反而降低。这可能是随有机肥施用量的增加,使土壤溶液钾浓度偏高,营养平衡失调,不利于小麦根系对水分和养分的吸收所致。

2.3 不同产量水平的最适肥料配比

根据本研究建立的小麦产量依各施肥因子的二次回归方程,通过产量模拟,对不同产量水平各施肥因子进行频数分析和最适施肥量的估计。结果表明,在现有地力水平上,实现小麦产量 6000kg/hm^2 以上的频率为58.9%,实现 6750kg/hm^2 以上的频率为20.5%,实现 7500kg/hm^2 以上的频率仅为1.3%,其不同产量水平的最适肥料用量列入表4,可因地制宜地参考。

表4 不同产量水平的最适肥料配比

产量水平 (kg/hm^2)	总频数	实现 频数	频率 (%)	平均施肥量(kg/hm^2)			
				有机肥	氮肥(N)	磷肥(P_2O_5)	钾肥(K_2O)
6000	625	368	58.9	33870	193.4	107.2	162.2
6750	625	128	20.5	38295	207.9	140.9	143.9
7500	625	8	1.3	33330	208.4	175.0	142.7

2.4 肥料配施对土壤肥力的影响

通过3年的连续肥料配施和轮作栽培,经取土样分析,与试验前基础肥力相比,土壤肥力有了一定程度的提高,有机质、全氮和碱解氮分别提高10.7%、5.7%、12.9%。但全磷、全钾及速效磷和有效钾都有不同程度的降低。这一方面说明随着产量的提高,作物对这些元素的耗竭是深刻的;另一方面说明为了培肥地力,应加大肥料用量,在肥料配施中,应较多地增加磷肥和钾肥的施用量。

3 结论

在四个施肥因子中对产量起主要作用的是有机肥和磷肥,而氮肥和钾肥的施用量有一定的限度,超过限度非但不能提高产量,而且还会造成减产。

在砂土地上实现小麦产量 6000kg/hm^2 以上,有机肥用量为 33870kg/hm^2 左右,纯N量 193.4kg/hm^2 左右, P_2O_5 107.2kg/hm^2 左右, K_2O 162.2kg/hm^2 左右。连续向砂土地增施四种肥

料,在不断提高产量的同时,土壤有机质、全氮和碱解氮含量都有提高,而土壤中磷和钾的含量均有所下降。因此为了进一步提高产量,必须加强土壤肥力的培养,特别要加强有机肥的施用,提倡秸秆还田,这样既可增加土壤有机质,平衡氮、磷、钾的补偿,还可改善土壤结构和土壤理化性质,提高保水保肥能力,从而提高土壤肥力。

参 考 文 献

- 1 魏克循. 河南土壤. 郑州: 河南科学技术出版社, 1979, 80
- 2 茆诗松. 回归分析及其试验设计. 上海: 华东师范大学出版社, 1981, 223 ~ 276

Effect of Compound Using Fertilizer Manure on Wheat Yield and Soil Fertility in Sandy Soil

Tan Jinfang Cui Dangqun Zhao Peng Yang Baili

(Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002)

Abstract A quadratic common rotary design with four factors was used to research the effect of yield and the influences for soil fertility, and intereffects of the factors and the suitable base prescription using organic fertilizer, nitrogen fertilizer, phosphate fertilizer, potassium fertilizer in sandy soil. The results indicated that organic fertilizer, nitrogen fertilizer, phosphate fertilizer and potassium fertilizer and wheat yield showed a quadratic regression equation relationship. It should base on compound using fertilizer in order to increase wheat yield and raise soil fertility in sandy soil, and also need increasing organic fertilizer and potassium fertilizer.

Key words: Wheat; Sandy soil; Compound using of fertilizer manure; Raising soil fertility