

有机无机肥料对小麦的肥效及其交互作用*

黄德明 徐建铭 徐秋明 刘素华

(北京市农林科学院土肥所,北京 100081)

张廷顺 张义民 谭宝义

(昌平区土肥站)

(房山区土肥站)

(通县梨园乡)

摘 要 在京郊不同肥力水平土壤上,有机肥和化肥配合施用小麦增产量最高,其增量在中、高肥力试验点上大于低肥力试验点。有机肥和化肥配合施用时的增产作用是它们各自增产效应之和,它们之间的交互效应不显著。在高肥力土壤上甚至有负的交互效应,即配合施用时的增产量小于分施时各自增产量之和。根据肥料试验,本文提出了京郊不同肥力水平土壤上小麦有机无机肥料配合施用量,并发现在低肥力土壤上随着有机肥的施用,化肥氮的用量增加,化肥磷用量可减少;在高肥力土壤上随有机肥的施用,化肥氮用量减少,化肥磷用量增加;在中等肥力土壤上配合有机肥的施用,氮磷化肥用量均不应减少,应略为增加。

关键词 有机肥 化肥 交互效应

在推荐施肥技术中,农作物当季的氮、磷、钾养分施用量确定之后,估计有机肥料提供的养分数量及其对化肥肥效的影响十分重要。但由于有机肥料种类多,所含养分复杂,有各种有机形态养分,使其养分供应量的估计相当困难。长期以来,人们把有机肥料当作“无价”的,是因为它是自积、自造、自用,不花钱的,然而在现代农业中,有机肥料是“有价”的,它的用量大,体积大,施肥费用也大,因此上述观念需要转变。

在“六五”期间进行的测土施肥研究中,把土粪之类有机肥料看作培肥改土的材料,而不计入推荐施肥量;在“七五”期间进行的推荐施肥技术研究中,我们把有机肥料的效应列入研究内容,以了解有机肥料的当季肥效及对化肥肥效的影响。至于有机肥料对土壤肥力的影响,应通过长期定位试验测定,不在本试验研究范围之内。

1 材料和方法

1989~1990 年在京郊三个不同肥力水平农田进行了两年小麦有机肥和氮、磷化肥配合大田肥效试验,其中昌平区孟祖大队是低肥力点(1990 年改在涧头大队);通县曹元大队是中肥力点;房山区南韩继大队为高肥力点。它们的土壤肥力状况列于表 1。

1992-10-26 收稿。

* 农业部“七五”重点项目“农-03-03”课题。

表 1 低、中、高土壤肥力状况

地 点	有机质 (%)	全 氮 (%)	碱解氮 ($\times 10^{-6}$)	有效磷 ($\times 10^{-6}$)	有效钾 ($\times 10^{-6}$)
孟 祖	1.14	0.075	38	2	84
曹 元	1.50	0.080	70	6	126
南韩继	1.95	0.080	75	25	85

田间试验采用裂区设计,主区为三水平有机肥料(掺土鸡粪),每公顷 0、37.5、75.0 (吨);次级区为氮、磷二因素三水平的析因处理,氮肥为尿素,每公顷用量 0、150、300 (kg N),磷肥为重过磷酸钙,每公顷用量为 0、75、150 (kg P_2O_5).

表 2 试验点鸡粪的养分含量

地 点	N(%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)
孟 祖	0.16	0.15	1.65
曹 元	0.18	0.56	0.83
南韩继	0.30	0.37	0.89

2 结果与讨论

2.1 有机肥料与化肥配合施用已有许多报道。金维续等人的研究^[1~3]指出,在有机无机肥料配合施用,农作物产量最高,施化肥的增产作用由单施的 11.5%~19.5%增至混施的 18.3%~38.5%。他们认为有机肥料的肥效在中、高产地块较高,在低产地块上有机肥料的肥效较差。我们的试验结果与之一致,两年小麦试验的平均产量列于表 3、4、5。

表 3 低肥力土壤有机无机肥料配合施用对小麦产量的影响 (kg/hm²)

处 理	M_0	M37.5(t)	M75(t)
N_0P_0	2364.0	2883.0	3259.5
N_0P75	2718.0	3364.5	4053.0
N_0P150	2853.0	3709.5	3570.0
$N150P_0$	3478.5	4159.5	4222.5
$N150P75$	3801.0	4426.5	4881.0
$N150P150$	4066.5	4774.5	4816.5
$N300P_0$	3990.0	4695.0	5124.0
$N300P75$	4500.0	5038.5	5559.0
$N300P150$	4791.0	5244.0	5620.5

注:F=6.512^{**}, 1%LSD=369, 5%LSD=273

表 4 中肥力土壤有机无机肥料配合施用对小麦产量的影响 (kg/hm²)

处 理	M ₀	M37.5 (t)	M75 (t)
N ₀ P ₀	2155.0	3136.5	3697.5
N ₀ P75	3198.0	4566.0	4660.5
N ₀ P150	3175.5	5187.0	4444.5
N150P ₀	3975.0	4650.0	4575.0
N150P75	5190.0	5797.5	5880.0
N150P150	4525.5	5908.5	5293.5
N300P ₀	4567.5	4612.5	5664.0
N300P75	4867.5	5577.0	6360.0
N300P150	4102.5	5722.5	5878.5

注: F = 3.677^{**}, 1%LSD = 396, 5%LSD = 292.5表 5 高肥力土壤有机无机肥料配合施用对小麦产量的影响 (kg/hm²)

处 理	M ₀	M37.5 (t)	M75 (t)
N ₀ P ₀	3448.5	4450.5	4849.5
N ₀ P75	5703.0	6049.5	5938.5
N ₀ P150	6453.0	6781.5	6724.5
N150P ₀	4971.0	5827.5	5805.0
N150P75	5884.5	6325.5	7012.5
N150P150	6034.5	6834.0	6736.5
N300P ₀	5995.5	6130.5	6676.5
N300P75	6471.0	6754.5	6904.5
N300P150	5422.5	6336.0	6721.5

注: F = 170.706^{**}, 1%LSD = 70.5, 5%LSD = 52.5

2.2 利用裂区设计可以对某一因素和此因素与另一因素的交互影响作出分析的特点, 应用两年试验数据进行了方差分析, 结果见表 6。

表 6 施用有机无机肥料的小麦产量方差分析

项 目	低肥力点		中肥力点		高肥力点	
	均 方	F	均 方	F	均 方	F
处 理	6992.541	6.512 ^{**}	9021.656	3.677 ^{**}	6581.688	170.706 ^{**}
区 组	7937.630	7.393 ^{**}	29474.715	12.012 ^{**}	1791.129	46.455 ^{**}
M	18742.863	17.456 ^{**}	32174.276	13.112 ^{**}	10471.451	271.591 ^{**}
N	62825.935	58.512 ^{**}	48970.335	19.957 ^{**}	12331.490	319.833 ^{**}
P	7627.567	7.104 [*]	20595.338	8.393 ^{**}	34872.220	904.456 ^{**}
M × N	117.604	0.110.n.s	2291.342	0.934.n.s	350.554	9.092 [*]
M × P	415.446	0.387.n.s	2910.215	1.186.n.s	259.044	6.719 [*]
N × P	79.227	0.074.n.s	1650.738	0.673.n.s	10570.713	274.165 [*]
M × N × P	120.527	0.112.n.s	459.247	0.187.n.s	1381.541	35.832 ^{**}
误 差	1073.729		2453.733		38.556	

注: ** 非常显著; * 显著; n.s 不显著

从表 6 所列方差分析结果可知, 有机肥 (M)、化肥 (N 和 P) 在各种肥力水平土壤上

各自的增产效应十分显著。但是, 它们之间的交互效应, 不管是在化肥 N、P 之间, 或者在有机肥和化肥之间, 在低、中肥力土壤上均不显著, 只有在高肥力土壤上才达到显著水平。方差分析提供了因素和因素之间影响的强度, 但缺乏量的概念。用交互效应计算公式

$$MN - (MN_0 + M_0N) + M_0N_0 = MN \text{ 交互效应}$$

(M—有机肥, N—化肥 N, 也可为 P 或 NP)

将表 1~3 中所列小麦产量数据适当归并后算出其交互效应, 结果列于表 7。

从表 7 可以清楚地看出, 笼统地认为有机肥和化肥之间有正的交互作用或负的交互作用都不全面。在本试验中, 低肥力土壤施用有机肥和化肥具有正的交互影响, 但方差分析证明其效应不显著; 在高肥力土壤上, 有机肥和化肥配合施用有负的交互影响, 方差分析证明其效应是显著的; 在中等肥力水平土壤上, 其交互作用有正的, 也有负的, 但都不显著。

2.3 为了了解有机肥和化肥在单独施用和配合施用时对小麦的增产效果, 将各处理产量减去对照产量得到各处理的增产量, 并将不同用量处理合并, 算得各种肥料的平均增产量以作比较, 结果列于表 8。

表 7 不同肥力土壤有机肥和化肥的交互效应(kg/hm²)

交互项	低肥力	中肥力	高肥力
MN	+108.0	-658.5	-786.0
MP	+181.5	+265.5	-906.0
MNP	+46.5	-205.5	-451.5
NP	+133.5	-633.0	-2160.0

表 8 有机肥和化肥对小麦的增产量(kg/hm²)

处理	低肥力	中肥力	高肥力
M	708.0	1261.5	1201.5
N	1459.5	1695.0	595.5
P	421.5	1032.0	2629.5
NP	1926.0	2515.5	2505.0
MN	2187.0	2719.5	2451.0
MP	1311.0	2559.0	2925.0
MNP	2680.5	3571.5	3255.0

从表 8 看出, 在中、高肥力土壤上有机肥的效应大于在低肥力土壤上; 氮肥效应在低、中肥力水平土壤上高于高肥力土壤; 磷肥效应则完全相反, 高肥力土壤上磷肥效应最大, 其次是中肥力土壤, 在低肥力水平土壤上磷肥效应最小。有机肥和化肥配合施用, 增产量大于单独施用处理, 但从表中数据和前面的分析可知, 其增产量只是有机肥和化肥增产量之和, 配合施用, 由于交互作用很小, 甚至是负交互作用, 所以增效不明显。

表 9 有机肥 NPK 养分利用率(%)

养 分 种 类	吸收量(kg/hm ²)	减差(kg/hm ²)	利用率	平 均
N	M ₀	53.7	—	—
	M37.5	70.5	27.3	—
	M75	84.3	24.9	26.1
P ₂ O ₅	M ₀	54.5	—	—
	M37.5	69.8	26.6	—
	M75	72.3	15.5	21.0
K ₂ O	M ₀	97.1	—	—
	M37.5	104.3	1.2	—
	M75	136.1	3.2	2.2

表 10 尿素 N 利用率(%)及有机肥的影响

处 理	N 吸收量 (kg / hm ²)	减差(kg / hm ²)	利用率	平 均
M ₀	N ₀	53.7	—	—
	N150	101.3	47.6	—
	N300	115.7	62.0	26.3
M37.5	N ₀	70.5	—	—
	N150	109.1	38.6	—
	N300	128.7	58.2	22.6
M75	N ₀	84.3	—	—
	N150	140.1	55.8	—
	N300	168.3	84.0	32.6

表 11 重过磷酸钙 P₂O₅ 利用率(%)及有机肥的影响

处 理	P ₂ O ₅ 吸收量 (kg / hm ²)	减差(kg / hm ²)	利用率	平 均
M ₀	P ₀	54.5	—	—
	P75	62.4	7.9	—
	P150	74.0	19.5	11.8
M37.5	P ₀	69.8	—	—
	P75	81.6	11.8	—
	P150	89.6	19.8	14.2
M75	P ₀	72.3	—	—
	P75	102.3	30.0	—
	P150	110.1	37.8	32.6

2.4 有机肥和化肥的 NP 养分利用率的低肥力土壤孟祖试验点的资料, 列于表 9 和表 10。

在我们的试验中, 有机肥氮素当季利用率在 24.9%~27.3% 之间, 平均 26.1%; 磷素当季利用率在 15.5%~26.6% 之间, 平均 21.0%, 高于化肥磷的利用率; 有机肥中钾素利用率低于一般水平, 可能和施入钾量较高有关。我们试验所用有机肥料投入农田的钾素含量, M37.5 每公顷施有机肥 37.5t, 相当每公顷施 K₂O 619.5kg, 每公顷施有机肥 75t, 相当每公顷施 K₂O 1239kg, 超过一般化肥钾的投入量。化肥中尿素氮的利用率在不施有机肥时为 20.9%~31.7%, 平均 26.3%, 大量施用有机肥时 (每公顷施 75t) 才提高到 32.6%; 重过磷酸钙中磷的利用率在不施有机肥时为 11.8%, 施有机肥对提高化肥磷当季利用率有明显的促进作用。

2.5 利用试验所得小麦产量结果, 可以配置出一系列包括有机肥、尿素和重过磷酸钙三种肥料的三元二次肥料效应方程 (方程从略), 并从这些方程可以推算出一定产量范围内小麦

的有机肥和氮、磷化肥施用量, 计算结果列于表 12。

表 12 小麦预期目标产量的有机肥和化肥用量 (kg/hm^2)

肥力水平	预期产量	有机肥 (t/hm^2)	N	P_2O_5	N : P_2O_5
低	4800	0	270	150	1 : 0.56
	5358	37.5	390	142.5	1 : 0.37
	5783	75	382.5	94.5	1 : 0.25
中	5286	0	195	90	1 : 0.49
	6798	37.5	195	105	1 : 0.54
	6840	75	217.5	112.5	1 : 0.51
高	6263	0	157.5	105	1 : 0.68
	6998	37.5	150	112.5	1 : 0.75
	6840	75	105	127.5	1 : 1.20

表 12 中的数据反映了一个很有意思的现象, 在土壤肥力水平低的地方, 随着有机肥料的施用, 小麦产量的提高, 要求氮肥用量增加, 磷肥用量减少; 在高肥力水平土壤上随着有机肥用量的增加, 氮肥用量减少, 而磷肥用量增加; 在中等肥力水平土壤上有机肥用量增加时, 氮、磷肥用量均略有增加。所以, 本试验结果表明, 有机、无机肥料配合施用, 笼统地认为可以相应地少施一些化肥的概念是不确切的, 在三种不同肥力水平土壤上就应采取不同的对策。

3 结论

有机无机肥料配合施用可以提高小麦的产量, 但统计分析表明, 有机肥和氮、磷化肥之间的交互效应不显著, 或有负的交互效应。

鸡粪掺上有机肥中所含氮素的当季利用率平均为 26.1%, 所含磷素的当季利用率平均为 21%, 有机肥中钾素当季利用率较低, 可能与施入钾量大有关。有机肥料对提高化肥磷的当季利用率有明显的促进作用。

有机肥对小麦的增产作用在中、高肥力土壤上大于低肥力土壤。尿素增产效应在低、中肥力水平土壤上高于高肥力土壤, 重过磷酸钙则相反, 它的增产效应在高肥力土壤上最大, 其次是在中肥力土壤上, 在低肥力土壤上磷肥效应最小。

有机无机肥料配合施用, 在低肥力土壤上应增施氮肥, 少施磷肥; 在高肥力土壤上可少施氮肥, 增施磷肥; 在中等肥力水平土壤上, 随着有机肥的施用, 氮、磷化肥不应少施, 甚至应略有增加。

参 考 文 献

- 1 金维续等. 有机无机肥料配合施用的研究. 土壤肥料, 1981(1): 23~25
- 2 屠启澎等. 有机肥与化肥配合施用对小麦营养和土壤性状的影响. 见: 有机肥料研究资料汇编(第一集), 1982

- 3 陈尚谨等. 北京地区高肥力石灰性土壤上有机无机肥料配合长期肥效试验. 见: 中国农科院土肥所年报(第四集), 1964

Effect of Organic and Mineral Fertilizers on Wheat and Their Interaction

Huang Deming Xu Janming Xu Qiuming Liu Suhua
Zhang Tingshun Zhang Yimin Tan Baoyi

(Institute of Soil and Fertilizers, Beijing Municipal Academy of Agricultural
and Forestry Sciences, Beijing)

Abstract Combined application of organic and chemical fertilizers to soils at different fertility levels in the suburbs of Beijing resulted in the highest yield for wheat. Then the yield at the medium- and high-fertility test fields was higher than that at low-fertility test fields. The effect of increasing yield resulting from the combined application of the both types of fertilizers was equal to the sum of separate effects of the organic and mineral fertilizers in increase of yield, and no significant interaction was found between the two types of fertilizers, but in soils at higher fertility levels negative interaction was observed. On the basis of the fertilizer experiments, combined application rates of organic and mineral fertilizers for wheat which was grown in soil at different fertility levels in the suburbs of Beijing were proposed. It was found that N application rate increased and P application rate decreased in the soil with low fertility to which the organic manures were applied, that N application rate decreased and P application rate increased as organic manures were applied to high-fertility soils; and that NP application rates would increase to the medium-fertility soils, if the organic manures were applied to it combined with them.

Key words: Organic manures; Chemical fertilizer; Interaction