

化肥及有机肥配施定位试验的研究*

——作物产量及土壤养分含量的变化

周建斌 李昌纬[✓] 赵伯善 李辉桃 华天懋

(西北农业大学农化系, 陕西杨陵·712100)

S147:2

摘要 1981~1990 年在关中塿土进行了肥料定位试验的研究, 结果表明, 氮与磷或厩肥配施具有显著的增产作用, 氮与厩肥配施产量高于氮磷配施。长期施用厩肥显著地提高了土壤有机质、全氮、全磷、碱解氮及有效磷等养分含量。施用化肥对土壤有机质和全氮含量无明显影响, 但施用氮肥和磷肥分别显著地提高了土壤碱解氮和有效磷含量。

关键词 氮磷肥, 厩肥, 产量, 土壤养分

中图分类号 S158.3

通过定位试验的方法研究肥料施用对作物产量及土壤肥力性状的影响约有 150 年的历史。著名的英国洛桑(Rothamsted)试验站的研究结果^[1], 对英国及世界农业生产的发展都起了巨大的推进作用。

国内肥料定位试验的研究起步较晚, 70 年代末 80 年代初, 一些科研教学单位才陆续开展了一些肥料定位试验。塿土是一种古老的农业土壤, 是我省关中地区的主要土类。从 1981 年开始, 我们在该土壤上设置了化肥与有机肥配施的定位试验, 旨在探讨长期施用化肥及有机肥对土壤肥力及作物产量的影响, 以指导该区合理施肥, 提高作物产量和土壤肥力。

1 材料和方法

1981 年 10 月在西北农大农作一站塿土上设置氮、有机肥定位试验。试验前土壤含有有机质 $12.10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全氮 $0.946 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全磷 $0.572 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 碱解氮 $66 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有效磷 $3.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。氮肥水平每公顷季施尿素为: 0, 112.5, 225, 337.5 kg, 分别以 N_0 、 N_1 、 N_2 及 N_3 代表; 有机肥用量每公顷年施厩肥 0, 3.75 万, 7.5 万和 15 万 kg, 分别以 M_0 、 M_1 、 M_2 及 M_3 代表。试验采用完全排列设计, 共 16 个处理, 重复 3 次, 小区面积 66.6 m^2 。1982 年 10 月后, 增设磷肥处理, 即分别按每公顷年施用 P_2O_5 75 kg 和 150 kg, 给重复 III 及重复 I 的每个小区施用磷肥(三个磷肥水平分别以 P_0 、 P_1 及 P_2 代表), 用三料磷肥或过磷酸钙。供试厩肥平均含水分 $310 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有机质 $157.60 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全氮 $7.753 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全磷 $2.902 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。厩肥及磷肥均于每年秋播整地前一次施入, 氮肥分期施用。试验地实行小麦——玉米轮作, 一年两熟。

采用常规分析法^[2], 分析测定了部分年份秋播前所采土样的有机质、全氮、全磷、碱解

修改稿收到日期: 1992-08-20。

* 农业部资助项目。

氮及有效磷含量。

2 结果与分析

2.1 肥料长期施用的增产作用

2.1.1 肥料长期单施的效果 试验结果表明,单施氮肥,小麦平均增产率在 43.2%~60%,玉米在 35.7%~51.9%。平均每 kg 尿素增产小麦 2.45~5.47 kg,增产玉米 3.56~7.33 kg,氮肥的利用率很低。长期单施磷肥,作物产量与无肥处理相差无几。而长期施用厩肥则具有显著的增产作用,小麦产量分别比无肥对照增加 85.3%,137.9%和 220%;玉米增产率分别为 59.7%,97.4%和 140.9%。平均每 1 000 kg 厩肥约可增产小麦或玉米 20 kg。

2.1.2 肥料长期配合施用的效果 试验表明:氮肥与磷肥配施时,每 kg 尿素增产小麦 8.18~19.07 kg,增产玉米 8.09~19.60 kg。氮与厩肥配施时,每 kg 尿素增产小麦 9.60~33.60 kg,玉米 10.89~36.00 kg。配施明显地提高了氮肥的利用率。氮肥与 P₂ 配施,小麦及玉米的最高产量均高于氮肥与 P₁ 配施,说明在一年两熟的条件下,每公顷年施用 P₂O₅ 75 kg 不能满足两料作物对磷素的需要。同时亦可看出,氮磷配施与氮有机肥配施相比,后者的增产作用更明显。氮肥与 M₁,M₂ 及 M₃ 配施,小麦的最高产量比氮磷配施的(处理 N₂P₂)分别高 5.66%,4.71%和 9.11%,玉米的最高产量比氮磷配施的分别高 10.83%,16.66%和 17.77%。所有处理中小麦及玉米产量最高的均为 N₁M₃,进一步表明,配施有机肥是作物高产的保证。

表 1 1982~1990 年小麦、玉米平均产量

(kg/hm²)

处 理	小 麦			玉 米		
	产 量	较对照增加		产 量	较对照增加	
		kg/hm ²	%		kg/hm ²	%
CK	1 425	—	—	2 310	—	—
N ₁	2 040	615	43.16	3 135	825	35.71
N ₂	2 280	855	60.00	3 450	1 140	49.35
N ₃	2 265	840	58.95	3 510	1 200	51.95
NoP ₁	1 380	-45	-3.16	2 025	-285	-12.34
N ₁ P ₁	3 570	2 145	150.53	4 515	2 205	95.45
N ₂ P ₁	4 305	2 880	202.11	5 955	2 745	118.83
N ₃ P ₁	4 185	2 760	193.68	5 040	2 730	118.18
NoP ₂	1 410	-15	-1.05	2 370	60	2.60
N ₁ P ₂	3 225	1 800	126.32	4 470	2 160	93.51
N ₂ P ₂	4 770	3 345	234.74	5 400	3 690	133.77
N ₃ P ₂	4 590	3 165	222.11	5 205	2 895	125.32
NoM ₁	2 640	1 215	85.26	3 690	1 380	59.74
N ₁ M ₁	4 590	3 165	222.11	5 415	3 105	134.42
N ₂ M ₁	5 040	3 615	253.68	5 805	3 495	151.30
N ₃ M ₁	4 815	3 390	237.89	5 985	3 675	159.09
NoM ₂	3 390	1 965	137.89	4 560	2 250	97.40
N ₁ M ₂	4 950	3 525	247.37	6 120	3 810	164.94
N ₂ M ₂	4 995	3 570	250.53	6 300	3 990	172.73
N ₃ M ₂	4 815	3 390	237.89	6 090	3 780	163.64
NoM ₃	4 560	3 135	220.00	5 565	3 255	140.91
N ₁ M ₃	5 205	3 780	265.26	6 360	4 050	175.32
N ₂ M ₃	4 845	3 420	240.00	6 560	4 050	175.32
N ₃ M ₃	4 680	3 255	228.42	6 330	4 020	174.03

2.2 肥料长期施用的培肥作用

2.2.1 土壤有机质含量的变化 土壤有机质含量的高低是评价土壤肥力的重要指标之一。测定结果表明,无肥处理 9 年后,土壤有机质含量基本维持在原来水平,没有发生下降现象。施用氮磷化肥土壤有机质含量与无肥处理相比,也无明显变化。增施厩肥显著地提高了土壤有机质含量。每公顷施 3.75, 7.5 及 15 万 kg 厩肥 1 年后(1982 年 10 月),土壤有机质含量分别比对照(单施氮及无肥处理)增加了 0.78, 1.87 和 4.00 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 提高幅度分别为 6.31%, 15.31% 和 32.36%。从图 1 可看出,施用厩肥时土壤有机质含量与厩肥施用年限具有极显著的正相关关系;土壤有机质的增加量与厩肥的施用量有密切关系。如连续施用厩肥 6 年时, M_1 、 M_2 及 M_3 处理有机质含量分别比对照增加了 2.80, 5.49 和 10.97 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 与厩肥用量几乎成比例增加。连续每公顷年施厩肥 15 万 kg, 可使土壤有机质含量达 26.00 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 比对照增加 1 倍。

2.2.2 土壤全氮及碱解氮含量的变化 无肥处理 9 年后土壤全氮含量(0.932 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)与原土(0.946 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)相近。施用化肥处理土壤全氮含量与原土相比也无明显变化。增施厩肥却显著地提高了土壤全氮含量,同一年内,随着厩肥用量的增加,土壤全氮含量随之增加,以连续施用厩肥第 3 年(1984 年 10 月)时为例, M_1 、 M_2 及 M_3 处理土壤全氮含量分别为 1.072, 1.192 和 1.437 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 比不施有机肥处理的增加幅度分别为 14.04%, 26.81% 和 52.87%。厩肥用量一定时,随着施肥年限的增加,土壤全氮的增加量随之显著增加(图 2)。

由表 2 可以看出,无论是否施用磷肥或厩肥,施用化学氮肥均不同程度地提高了土壤碱解氮的含量。方差分析表明,单施氮、氮与磷配施及氮与有机肥配施时,施用化学氮肥对土壤碱解氮含量的影响均达到显著水平。施用化学氮肥提高土壤碱解氮含量的原因可能是:①化学氮肥在土壤中的残留所致。据黄东迈等^[3]的研究,种植一季水稻后,施入的化肥氮在土壤中残留的量占施入总氮量的 $33.44 \pm 11.49\%$, 国外研究一般认为,作物收获后约有 25% 的氮素残存在土壤中^[4]; ②与施用化肥氮促进了土壤中有机质的矿化有关。施用磷肥对碱解氮含量无明显作用。而施用厩肥却显著地增加了土壤碱解氮含量(表 2)。

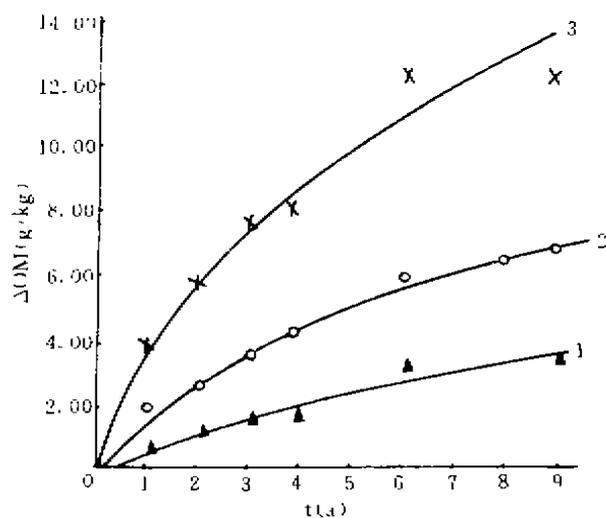


图 1 不同厩肥水平下土壤有机质含量的增加量与施肥年限的关系

1. M_1 时	$\Delta OM_1 = 0.7153t^{0.7612}$	$r = 0.983^{**}$
2. M_2 时	$\Delta OM_2 = 1.8033t^{0.6208}$	$r = 0.991^{**}$
3. M_3 时	$\Delta OM_3 = 4.1021t^{0.5291}$	$r = 0.981^{**}$

表 2 施肥对土壤碱解氮含量的影响* $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

肥底	施氮处理			
	N_0	N_1	N_2	N_3
CK	56.2	64.8	59.4	72.0
P_1	54.8	69.3	67.0	63.8
P_2	57.5	65.5	64.3	64.8
M_1	64.0	69.0	73.2	75.6
M_2	71.8	77.6	86.4	86.2
M_3	90.8	88.8	92.4	100.2

*: 表中数据为 1982, 1984, 1985, 1987, 1990 年 5 年测定结果的平均值。

2.2.3 土壤磷素含量的变化 对试验 9 年后土壤全磷含量的测定结果表明, 施用磷肥土壤全磷含量较对照有所增加, P_1 及 P_2 时土壤全磷含量平均为 0.620 和 0.654 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 比对照 (N_0, N_1, N_2 及 N_3 处理, 0.589 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) 分别增加了 5.26% 和 11.03%。施用厩肥极显著地提高了土壤全磷含量, M_1, M_2 及 M_3 处理土壤全磷含量分别为 0.711, 0.794 和 1.043 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 比对照分别增加了 20.71%, 34.80% 和 77.07%。

长期不施肥处理, 土壤有效磷含量在 3.6~5.8 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 范围内, 平均为 4.7 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 单施氮肥时, 有效磷含量在 2.5~6.6 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 平均为 4.2 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 以上土壤均严重缺磷^[5]。施用无机磷肥提高了土壤有效磷含量, 每公顷年施 P_2O_5 75 kg, 土壤有效磷含量

平均为 9.5 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (变幅为 4.0~16.4 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)。按该地区土壤有效磷的丰缺指标衡量, 土壤有效磷含量属较缺范围^[5]。磷肥施用量每公顷年施 P_2O_5 150 kg 时, 有效磷含量平均为 15.6 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (变幅为 7.2~29.3 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)。厩肥处理极显著地提高了土壤有效磷含量, 每公顷施厩肥 3.75 万 kg, 一年后 (1982 年 10 月) 土壤有效磷含量平均达 14.7 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 比对照增加了近 2 倍。同时, 随着厩肥施用年限的增加, 土壤有效磷含量随之增加; 同一年内, 随着厩肥用量的增加, 有效磷含量随之成倍增加, 如每公顷施 7.5 万 kg 及 15 万 kg 厩肥一年后, 土壤有效磷含量分别为 37.8 和 82.0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 比 M_1 处理分别提高了约 1.5~4.5 倍。

分析还发现, 厩肥与无机磷肥配施对提高土壤有效磷的含量具有明显的正效应 (表

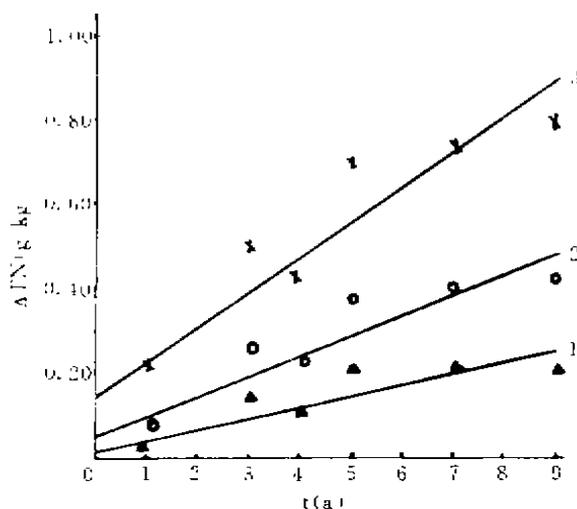


图 2 不同厩肥水平下土壤全氮含量的增加量与施肥年限的关系

1. M_1 时 $\Delta TN_1 = 0.02782t + 0.00890 \quad r = 0.867^*$
 2. M_2 时 $\Delta TN_2 = 0.04843t + 0.03977 \quad r = 0.934^{**}$
 3. M_3 时 $\Delta TN_3 = 0.08358t + 0.14616 \quad r = 0.891^{**}$

表 3 厩肥及磷肥对土壤有效磷含量的影响 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

处 理	1983 年	1984 年	1985 年	1986 年
CK	4.7	4.0	3.6	3.5
P_1	9.7	10.3	6.7	7.5
M_1	17.6	14.6	16.6	16.3
M_1P_1	29.2	29.6	32.8	31.9
M_1XP_1	6.6	8.7	13.1	11.6

3)。表明长期施用有机肥可以活化土壤磷素,并可减少土壤对磷的固定,证实了越晓齐等的试验结果^[6]。杨玉爱等^[7]研究发现,有机肥料对提高土壤中微量元素锌、锰的有效性也有明显作用。因此,进一步研究长期施用有机肥料对土壤及化肥养分转化的影响,不仅具有理论价值,而且具有实践意义。

3 小 结

(1)无肥及单施磷肥处理 1~2 年后,作物产量趋于稳定,小麦产量每公顷 1 050~1 500 kg,玉米每公顷 2 250 kg 左右。单施氮肥,肥料利用率很低。长期施用厩肥具有显著的增产效果,平均每 1 000 kg 厩肥增产粮食约 40 kg。

(2)氮肥与磷肥或厩肥配施具有显著的增产作用。每公顷年施用 P_2O_5 75 kg 不能满足一年两熟作物对磷素的需要。所有处理中小麦及玉米产量最高均为 N_1M_3 处理,配施有机肥是作物高产的保证。

(3)长期施用厩肥显著地提高了土壤有机质、全氮、全磷、碱解氮和有效磷含量。土壤有机质、全氮等含量的增加与厩肥用量及施用年限有密切关系。连续施用高量厩肥,可使土壤有机质含量达 $26.00 g \cdot kg^{-1}$,全氮含量达 $1.60 g \cdot kg^{-1}$ 以上,比对照增加约 1 倍。

(4)施用化肥对土壤有机质及全氮含量无明显影响。增施氮肥显著提高了土壤碱解氮含量,施用无机磷肥也提高了土壤有效磷含量,土壤全磷含量也有所增加。

参 考 文 献

- 1 Jenkinson D S. The Rothamsted Long-term experiments, Are they still of Use? *Agron. J.*, 1991;82:2~10
- 2 南京农学院等主编. 土壤农化分析. 北京:农业出版社,1979
- 3 黄东迈,高家骅,朱培立. 有机无机肥料氮在水稻——土壤系统中的转化与分配. *土壤学报*, 1981;18(1):107~121.
- 4 Hauck R D. Nitrogen in Crop Production. Madison USA, 1984
- 5 李辉桃,李昌伟,赵伯善. 关中西部灌区小麦磷肥施用量的研究. *陕西农业科学*, 1986;1:25~28.
- 6 越晓齐,鲁如坤. 有机肥对土壤磷素吸附的影响. *土壤学报*, 1991;28(1):7~13
- 7 杨玉爱,何念祖,叶正钱. 有机肥料对土壤锌锰有效性的影响. *土壤学报*, 1990;27(2):195~201

Fixed Position Experiments of Inorganic Fertilizer and Organic Manure in Balance Application to Lou Soil

— Variations in Crop Yields and Soil Nutrients

Zhou Jianbin Li Changwei Zhao Baishan Li Huitao Hua Tianmao

(Department of Soil Science and Agrochemistry, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract The Long-term fixed-position fertilizer experiments were conducted in the years of 1981—1990 on Lou soil. The results showed that N and P fertilizers or manure in balance application had a significant yield increasing effect and N fertilizer and manure in balance application produced higher yields than those by N and P fertilizers in balance application. Long-term application of manure can improve soil organic matter, total N P and alkalized N and available P nutrients. Application of chemical fertilizer had no apparent effect upon soil organic matter and total N content, but application of N fertilizer and P fertilizer can raise soil alkalized N and available P contents.

Key words N and P fertilizer, manure fertilizer, Yield, soil nutrient