

长期施肥对塬土肥力及作物产量的影响

高 瑞^{1,2}, 吕家珑^{2*}, 张素霞²

(1. 菏泽学院园林工程系, 山东 菏泽 274000; 2. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 对陕西关中典型土壤——塬土进行了连续 25 a 的定位施肥试验。通过对 25 年来不同施肥小区土壤肥力差异的分析研究表明: 多年连续施肥, 可以明显提高土壤有机质、全氮、全磷、碱解氮、速效磷含量以及作物产量, 即单施化肥或有机—无机肥料配合施用, 都可以增强土壤养分容量及其供应强度, 有利于培肥土壤, 提高作物产量, 其中又以有机—无机肥料配合施用的效果更好。

关键词: 长期施肥; 土壤肥力; 产量
中图分类号: S147.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)05-0064-04

长期施肥对土壤肥力与作物产量影响的研究具有十分重要的理论价值与实践意义^[1]。关于长期施肥对土壤肥力的影响, 国外早就有很多研究^[2], 而我国则开始于 20 世纪 80 年代^[3,4], 目前最常用也较为准确的方法是采用长期定位试验^[5], 开展长期定位研究可以追踪营养元素在土壤—作物体系中的运转, 从而为施肥管理提供科学依据。

我国农业的有机—无机肥料配施体系逐步得到发展和完善。关于有机肥和化肥配合施用的肥效及其对土壤肥力影响的研究, 国内外已有不少文献报道。研究者多数认为, 合理配施有机肥和化肥是获得作物优质高产和提高土壤肥力的重要措施之一^[6,7]。

本文通过研究长期不同方式施肥对土壤肥力及作物产量的影响, 旨在进一步探讨在关中灌区两熟

制(小麦+玉米)连续种植条件下, 不同施肥措施对土壤的培肥效应和增产效应, 从而为在农业生产实践中采取正确施肥方式, 合理培肥土壤提供指导和帮助。

1 材料与方法

1.1 试验基本情况

定位试验设置于陕西省杨陵区西北农林科技大学农作一站, 土壤系重壤型塬土(土垫旱耕人为土), 1977 年 10 月播种小麦开始, 设置不同施肥处理进行“有机肥改土长期定位试验”至今。试验设无肥、化肥、低秸+化肥(休闲)、低秸+化肥、中秸+化肥、高秸+化肥、厩肥+化肥 7 个处理, 每个处理设 3 个重复, 共 21 个小区, 小区面积为 19.8 m²(试验方案见表 1)。

表 1 试验方案(kg/hm²)
Table 1 Experimental design

处理 Treatment	施肥种类 Fertilizer kind			
	尿素 Urea	过磷酸钙 Calcium superphosphate	秸秆 Straw	厩肥 Stall fertilizer
无肥 No fertilizer(CK)	0	0	0	0
化肥 Chemical fertilizer	450	525	0	0
低秸+化肥(休闲)Low straw+chemical fertilizer(fallow)	450	525	9357	0
低秸+化肥 Low straw+chemical fertilizer	450	525	9 357	0
中秸+化肥 Medium straw+ chemical fertilizer	450	525	18 750	0
高秸+化肥 High straw+ chemical fertilizer	450	525	37 500	0
厩肥+化肥 Stall fertilizer + chemical fertilizer	450	525	0	37 500

本试验田施行小麦—玉米轮作的耕作制度, 厩肥、玉米秸秆和过磷酸钙在每年冬小麦播种前一次

收稿日期: 2006-04-27
基金项目: 陕西省农业攻关项目(2003K03—G8—02); 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室资助项目(10501—138)
作者简介: 高 瑞(1978—), 女, 山东菏泽人, 硕士, 研究方向为土壤生物学。
* 通讯作者: 吕家珑, 教授, 博士生导师。
(C)1994-2025 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

性施入, 尿素在冬小麦和玉米上各施用一次 (225 kg/hm²), 休闲处理除全年不种植作物以外, 田间管理与其它处理相同。

试验前供试土壤(即试前土壤)的有机质、全氮、全磷、碱解氮和有效磷含量分别为 14.0 g/kg、0.89 g/kg、0.67 g/kg、54.45 mg/kg 和 7.5 mg/kg, pH 为 7.9, 属中等肥力水平。

1.2 供试土样

供试土样采集于长期定位试验进行的第 25 年 (2002 年 10 月, 冬小麦播种前)。采样时先去除土壤表面未腐解的枯枝落叶及植物残体, 在各试验小区内分别用对角线法取 5 个样点的土壤混合样品, 采样深度为 0~20 cm, 经混匀风干处理后通过 1

mm 或 0.25 mm 筛备用。

1.3 测定内容及方法

土壤有机质、全氮、全磷、碱解氮、速效磷分别采用重铬酸钾容量—外加加热法、半微量凯氏法、酸溶—钼锑抗比色法、碱解扩散法、Olsen 法测定^[8]。

2 结果与讨论

2.1 长期施肥对土壤肥力的影响

土壤中的主要养分状况是衡量土壤肥力水平的重要指标之一, 而且与作物产量有着密切的关系, 它们还可以充分反映长期培肥土壤的效果。经过 25 a 的施肥处理, 土壤中各种养分含量与试验前相比均有了比较明显的变化(表 2)。

表 2 试验 25 a 后土壤养分含量变化
Table 2 Change of soil nutrient content after 25 years experiment

土壤养分 Soil nutrient	无肥 No fertilizer	化肥 Chemical fertilizer	低秸+化肥(休闲) Low straw + chemical fertilizer (fallow)	低秸+化肥 Low straw + chemical fertilizer	中秸+化肥 Medium straw + chemical fertilizer	高秸+化肥 High straw + chemical fertilizer	厩肥+化肥 Stall fertilizer + chemical fertilizer
有机质 O·M· (g/kg)	15.1±0.17c	16.0±0.08b	16.6±0.25a	17.2±0.14a	18.7±0.04a	20.1±0.22a	22.5±0.37a
全氮 Total N(g/kg)	1.0±0.03c	1.1±0.15b	1.2±0.21b	1.1±0.25b	1.4±0.25a	1.4±0.17a	1.5±0.11a
全磷 Total P(g/kg)	0.70±0.14c	0.78±0.23b	0.87±0.06a	0.78±0.32b	0.78±0.13b	0.82±0.02a	1.02±0.19a
碱解氮 Available N (mg/kg)	52±0.21c	55±0.10b	61±0.16b	54±0.05b	72±0.04a	86±0.14a	88±0.04a
速效磷 Available P (mg/kg)	6.8±0.34c	14.6±0.08b	29.3±0.09a	13.1±0.11b	17.4±0.15b	17.1±0.27b	51.2±0.25a

注: 在不同处理间进行差异显著性比较, 同行不同字母表示差异显著 ($P<0.05$)。
Note: Different letters showed significant difference among different treatments ($P<0.05$).

长期连续施肥后, 各处理土壤有机质含量均有一定程度的增加(14.29%~60.71%), 其中以有机—无机肥料配施处理的增加量较多, 这是因为有机肥本身含有一定数量的有机物质, 它的施入必定会增加土壤中有机质数量。但是, 不同种类的有机肥之间, 以及秸秆的不同用量之间并没有表现出显著性差异。同时, 单施化肥处理的有机质含量与无肥的差异达 5% 显著水平, 这是因为, 虽然单施化肥不能明显提高土壤中有机质含量, 但是它可以促进农作物根系的迅速生长, 从而提高根际有机物质的输入。

施肥使各处理土壤全氮含量也有一定程度的增加(23.6%~68.54%), 不过无肥和化肥处理与试验前相比变化不明显, 而有机—无机肥料配施处理的增量达到了 0.61 g/kg。所以说, 在连续耕作的土壤中, 如果单独施用化肥, 虽然也能保证农作物的产量, 但是耕层土壤肥力的增加不明显, 供氮潜力明显不足, 而如果同时配以施用厩肥或者秸秆, 土壤中全

氮含量会有明显的上升, 这对于低产田的增肥有明显的效果。

从全磷含量可以看出, 各试验处理均有不同程度的增加(16.42%~52.24%), 同样也是以有机—无机肥料配施处理的增加量较多。这是因为有机—无机肥料配施处理有较多的农家肥施入, 提高了土壤中磷的含量, 更重要的是改善了土壤结构, 增强了土壤的保肥能力, 减少了随水流失的磷含量, 从而使其含量有了明显的提高, 增量达 0.3 g/kg 左右。同时, 单施化肥处理的全磷含量也有增加, 这与吕家珑等长期单施化肥可保持土壤磷水平的结论一致^[9]。

各处理土壤中碱解氮和速效磷含量的变化, 与有机质、全氮、全磷含量的变化趋势是一致的, 多年连续施肥同样使其有了一定程度的增加, 也是以有机—无机肥料配施处理的增加量较多, 其增加机制与全氮、全磷的增加机制大致相同。

由以上分析可知, 长期施肥(单施化肥、有机—无机肥料配施)可以使土壤中主要养分含量得到显

著的提高,其中有机一无机肥配合施用的效果更佳,但是,在不同的有机肥种类(秸秆和厩肥)、不同的秸秆用量之间并没有表现出显著性差异。土壤养分含量的上述变化规律,大体上与国内外长期肥料定位试验结果相吻合^[10~11]。

2.2 长期施肥对作物产量的影响

长期连续施肥可以改善土壤结构,改良土壤基本理化性质,使土壤中有機质、全氮、全磷、速效氮、速效磷等养分含量均有一定的增加,从而提高了土壤肥力和生产力,进而影响到作物产量。

表 3 不同施肥处理的产量
Table 3 Corn yield under different fertilization treatments

处理 Treatment	总产量 Total yield(10 ⁴ kg/hm ²)				较 CK 增加 Increase rate (%)	新复极差检验 Significance test	
	重复 Repetition			平均 Average			
	I	II	III			5%	1%
无肥 No fertilizer(CK)	8.17	9.04	10.22	9.14±1.03	0	c	B
化肥 Chemical fertilizer	18.54	19.02	21.37	19.64±1.51	115	b	A
低秸 + 化肥 Low straw + chemical fertilizer	36.00	37.94	40.20	38.05±2.10	316	a	A
中秸 + 化肥 Medium straw + chemical fertilizer	37.21	38.55	40.63	38.80±1.72	324	a	A
高秸 + 化肥 High straw + chemical fertilizer	37.69	39.05	40.21	38.98±1.26	326	a	A
厩肥 + 化肥 Stall fertilizer + chemical fertilizer	38.42	38.46	38.75	38.54±0.18	322	a	A

从各试验处理(不包括休闲处理)近三年(1999、2000、2001 年)来小麦和玉米的平均产量(表 3)可以看出:(1) 多年连续施肥,无论是单施化肥,还是有机肥与 N、P 化肥配施,作物产量都极显著地高于不施肥的对照处理。(2) 单独施用 N、P 化肥时,作物产量虽然比无肥对照有了极显著的增加(增加幅度为 115%),但其极显著地低于有机肥和化肥配施的处理。(3) 有机肥与化肥配施时,两种有机肥料(厩肥和秸秆)的增产效果相当,虽然都极显著地高于单施化肥处理,但二者之间没有表现出显著性差异。(4) 在秸秆的不同用量上,有随施用量增加而产量增加的趋势,但也没有表现出显著性差异。由以上分析可知,长期连续施肥能使作物产量得到显著性提高,尤其是有机一无机肥料配合施用的增产效果更佳,同时,由分析结果可以看出,作物产量的这种变化规律与土壤养分含量的变化规律大体上保持一致。

3 小 结

1) 长期连续施肥,无论是单施化肥,还是有机一无机肥料配合施用,都可以显著提高土壤肥力,增加作物产量。说明施肥可以明显增加土壤中微生物数量,加强土壤生物化学强度^[4],加快土壤有效养分转化速率,使土壤肥力得到提高,从而促进作物生长,提高作物产量。

机碳源又改善了土壤物理性状,可以更好地发挥肥料效益。长期施用,可以使土壤维持较高的肥力水平,提高增产的幅度。因为有机肥料不仅营养成分丰富,适宜于作物的生长发育,同时还可以改善土壤结构,为土壤微生物创造良好的生长环境,使土壤微生物数量大增,而且有机肥料本身所含有的微生物在施入土壤后也会迅速繁殖,增强土壤养分转化的能力,释放出许多植物不能直接吸收利用的养分^[12]。

参 考 文 献:

[1] 王家玉. 多熟制条件下稻田土壤肥力演变及其管理[J]. 中国农业科学, 1987, 20(3): 73—80.
[2] Jenkinson D S. The determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil[A]. Wilson J R. Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Ecosystems[C]. Wallingford: C A B International, 1988. 368—386.
[3] 潘根兴, 焦少俊. 低施磷水平下不同施肥对太湖地区黄泥土磷迁移性的影响[J]. 环境科学, 2003, (3): 91—95.
[4] 樊 军, 郝明德. 黄土高原旱地轮作与施肥长期定位试验研究Ⅱ土壤酶活性与土壤肥力[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(2): 146—150.
[5] Jenkinson D S, Laff J N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover[A]. Paul, E A. Soil Biochemistry[C]. New York: Dekker, 1981, 5: 414—472.
[6] 沈善敏. 国外的长期肥料试验[J]. 土壤通报, 1984, (2): 85—91; (3): 134—138; (4): 184—185.
[7] 林 葆, 林继雄. 有机肥与化肥配合施用的定位试验研究[J].

土壤肥料, 1985, 5: 22—27.

[8] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983.

[9] 吕家珑, 张一平, 王旭东. 农田生态对土壤肥力的保护效应. 生态学报, 2001, 21(4): 613—616.

[10] 马成泽. 肥料配合施用对农田生产力和土壤有机质平衡的影响[A]. 国际平衡施肥学术讨论会论文集[C]. 北京: 农业出版社, 1989. 446—451.

[11] В А ВаcИлбев. 集约农业和工业化畜牧业条件下有机肥料的使用[J]. 土壤学进展, 1984, (5): 28—35.

[12] 高 瑞, 吕家珑, 翟义欣, 等. 长期不同施肥土壤的微生物生物量及其活性[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(增): 104—107.

Effect of long term fertilization on fertility of Lou soil and crop yield

GAO Rui^{1,2}, LU Jia-Long², ZHANG Su-xia²

(1. Department of Garden Engineering, Heze University, Heze, Shandong 274000, China;

2. College of Resource and Environmental Science, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on the continuous fertilization experiment for 25 years at the same site on Lou soil in central Shannxi, this paper analyzed the difference of fertility in different plots. The results showed that long-term fertilization increased soil O·M·, total N, total P, available N, available P and corn yield evidently. Applying inorganic fertilizer or inorganic fertilizer combined with organic manure could raise soil nutrient capacity and supply intensity, and it was beneficial to meliorate soil and raise crop yield, in which the effect of inorganic fertilizer combined with organic manure was most remarkable.

Keywords: long-term fertilization; soil fertility; yield

(上接第 58 页)

Effect of inoculating highly effective Sinorhizobium meliloti on productivity of gramineous grass/alfalfa mixtures

ZENG Zhao-hai^{1,2}, HU Yue-gao¹, CHEN Wen-xin², SUI Xin-hua², CHEN Dan-ming²

(1. PERC, College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China; 2. College of Biology/ Key Laboratory of Agro-Microbial Resource and Application of MOA, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: Highly effective Sinorhizobium meliloti was inoculated to alfalfa (*Medicago sativa* L.) which was planted with tall fescue (*F. arundinacea* Schreb), smooth brome grass (*Bromus inermis* Leyss.) and rye grass (*L. multiflorum* Lam.) to establish gramineous grass/alfalfa mixtures. Compared with the control (uninoculating treatment), in alfalfa/tall fescue mixture, the biomass yield of alfalfa was increased by 17%, that of tall fescue was increased by 15.1%, and the total yield was increased by 16.3%; in alfalfa/smooth brome grass mixture, the biomass yield of alfalfa was increased by 14.0%, that of smooth brome grass was increased by 51.0%, and the total yield was increased by 20.5%; in alfalfa/ryegrass mixture, the biomass yield of alfalfa was increased by 7.6%, that of ryegrass was increased by 4.8%, and the total biomass yield was increased by 6.8%. The results indicated that inoculating highly effective Sinorhizobium meliloti could increase the LER (Land equivalent ratio) and the CR(Competitive ratio) of grass crops.

Keywords: highly effective Sinorhizobium meliloti; alfalfa; mixed planting; gramineous grass