

长期施肥对土壤微生物和腐殖质组分的影响

张翔 朱洪勋 孙春河

(河南省农业科学院土壤肥料研究所, 郑州 450002)

曹友节

(河南省商丘地区土肥站)

摘要 借助 15 年的定位观测资料,系统地研究了长期施肥对土壤微生物含量、腐殖质组分、作物产量和土壤供肥能力的影响。结果表明,长期施用化肥和有机肥或两者配施,耕层土壤微生物和胡敏酸、富里酸、胡敏素含量增加,HA/FA 比值增大;与腐殖质组成成分最为密切的农化性状是全氮和碱解氮,其次是速效磷;长期不施肥、单施氮肥或有机肥,因养分单一,供肥不足,作物产量逐年下降,抗逆力差。

关键词 长期施肥 微生物 腐殖质组分 产量

由于肥料效应受气候、作物需肥特性及土壤养分丰缺状况的影响较大,进行连续多年肥料定位试验,更能客观地综合评价施肥效应和制定高效益的施肥技术方案。微生物区系和土壤腐殖质组分的变化,表征土壤的熟化程度,对土壤供肥能力和促进土壤良性生态循环方面有较大的作用。本项研究旨在阐明河南省潮土区连续 15 年配施不同肥料对土壤微生物和腐殖质组分的影响以及其增产效应,为合理施肥和培肥地力提供科学依据。

1 材料和方法

试验设在河南省农科院试验农场,始于 1980 年 10 月,采用冬小麦-夏玉米轮作方式,至 1995 年 10 月已连续进行了 15 年(30 季)。供试土壤为黄潮土,耕层土壤基础样含有机质 12.3g/kg,全氮为 0.72g/kg,全磷 1.43g/kg,全钾 21.1g/kg,碱解氮 83.5mg/kg,速效磷 25.9mg/kg,速效钾 127mg/kg, pH8.8。

试验采用裂区设计,主处理(1)不施有机肥,(2)施有机肥(M)。副处理为空白、N、NP、NPK。小区面积 46.7m²,拉丁方排列,4 次重复。年施纯氮量为 240kg/hm²(小麦、玉米各占 1/2),磷(P₂O₅)、钾(K₂O)各 120kg/hm²,有机肥 30 000kg/hm²(多数年份以 1 500~2 250kg/hm² 饼肥替代),氮肥为尿素,磷肥为三料过磷酸钙,钾肥为硫酸钾。有机肥、磷肥均为种麦时一次底施管全年。小麦氮肥 60% 底施,40% 返青至拔节时追施;玉米氮肥 5~6 叶期追 1/3,11~12 叶期追 2/3。作物品种为当地主栽品种。

土壤腐殖质组分测定采用科诺诺娃法, 其它农化性状采用常规分析法。

2 结果与分析

2.1 长期施肥对土壤微生物区系的影响

微生物在土壤溶液和土壤表面可表现出一般微粒的物理和化学特性。通过它们的活动, 可以促进有机物的分解, 养分的暂时固定, 对提高养分的有效性和利用率有良好的作用。15 年定位试验耕层土壤微生物区系的培养检测结果表明(表 1), 施肥能明显影响土壤微生物的数量,

表 1 有机无机肥料配施对土壤微生物含量的影响

处 理	细 菌		真 菌		放线菌		自生固氮菌	
	10 ⁵ 个/g	+ / -	10 ³ 个/g	+ / -	10 ⁴ 个/g	+ / -	10 ⁴ 个/g	+ / -
对照	23.97		7.31		3.60		1.32	
N	28.27	4.30	8.80	1.49	8.91	5.31	1.77	0.45
NP	31.92	7.95	7.50	0.29	6.44	2.84	1.92	0.60
NPK	31.33	7.36	8.09	0.78	7.72	4.12	2.01	0.69
M	31.56	7.59	8.62	1.31	10.70	7.10	2.84	1.52
MN	34.18	10.21	13.04	5.73	11.08	7.48	3.20	1.88
MNP	32.93	8.96	16.11	8.80	12.10	8.50	3.99	2.67
MNPK	35.46	11.49	14.45	7.14	14.75	11.50	3.47	2.15

注: + / - 表示与试验前比较的增减量; M 为有机肥。

施肥处理比对照(不施肥)土壤的细菌、真菌和放线菌含量均有增加。细菌增加 $4.30 \times 10^5 \sim 11.49 \times 10^5$ 个/g, 真菌增加 $0.29 \times 10^3 \sim 8.80 \times 10^3$ 个/g, 放线菌增加 $2.84 \times 10^4 \sim 11.15 \times 10^4$ 个/g。自生固氮菌略有上升, 施肥处理比对照增加 $0.45 \times 10^4 \sim 2.67 \times 10^4$ 个/g。施有机肥区比单施化肥区增加明显, 其中以有机肥和 NP 或 NPK 配施处理对微生物区系的综合影响效果为佳。

2.2 长期施肥对土壤腐殖质组分的影响

由表 2 看出, 黄潮土耕层土壤腐殖质以胡敏素含量为主, 其次是富里酸, 再者是胡敏酸。不同处理耕层胡敏素含量为 5.76 ~ 6.92g/kg, 占腐殖质总量的 69.5% ~ 74.4%, 富里酸为 1.50 ~ 1.90g/kg, 占腐殖质总量的 18.1% ~ 23.1%。长期施用有机肥或配施化肥与无肥区相比均能明显提高耕层土壤可浸提腐殖酸、胡敏酸、富里酸、胡敏素含量。一般随施肥量的增加, 增长幅度也随之增大。施肥处理与对照相比, 腐殖酸增加 14.1% ~ 30.3%, 胡敏酸增加 27.0% ~ 56.3%, 富里酸增加 8.7% ~ 26.7%, 胡敏素 1.7% ~ 20.1%, 由于胡敏酸增长幅度大于富里酸, 因而 HA/FA 比值提高。

以有机肥单施为对照, MN、MNP、MNPK 三个处理与之相比, 胡敏酸含量增加, 富里酸含量下降。其中以 MNPK 处理胡敏酸含量比单施有机肥增加得最多, 为 22.98%, 富里酸含量降低 8.95%。由此说明, 施肥能明显改善腐殖质的品质, 提高其含量, 对调解土壤供肥能力十分有利。

表 2 不同施肥处理的土壤腐殖质组分

处理	有机质 (g/kg)	腐殖酸 (g/kg)	胡敏酸 (g/kg)	富里酸 (g/kg)	胡敏素 (g/kg)	HA/FA
对照	11.5	1.98	0.48	1.50	5.67	0.32
N	11.9	2.28	0.65	1.63	6.30	0.36
NP	12.6	2.26	0.63	1.63	5.99	0.38
NPK	13.1	2.45	0.60	1.85	5.86	0.32
M	13.0	2.58	0.61	1.90	5.89	0.21
MN	13.1	2.45	0.68	1.77	6.16	0.38
MNP	13.2	2.40	0.71	1.69	6.92	0.42
MNPK	13.8	2.38	0.75	1.73	6.62	0.38

注: HA、FA 分别表示胡敏酸、富里酸。

2.3 长期施肥对土壤供肥能力的影响

试验结果表明(表 3),全氮含量以不施肥区和单施有机肥区降低得最多,全磷以单施氮区降低得最多(0.18g/kg);NPK、MNP、MNPK 处理均有增加,其中以 NPK 处理增加最多(0.23g/kg);土壤全钾各处理均有降低,以 NP 处理降低最多(7.7g/kg);土壤耕层碱解氮的含量明显下降,有机肥与化肥配施区降低较少。因此,要保持土壤氮素平衡,必须根据作物产量水平,配合其它施肥措施,进行科学施用氮肥。土壤耕层速效磷含量以对照、N、M、MN 处理降低

表 3 不同施肥处理土壤养分的变化

处 理	对照	N	NP	NPK	M	MN	MNP	MNPK	试验前
全氮(g/kg)	0.60	0.70	0.68	0.70	0.66	0.76	0.78	0.76	0.72
+ / - *	- 0.12	- 0.20	- 0.04	- 0.02	- 0.06	0.04	0.06	0.04	
全磷(g/kg)	1.27	1.25	1.44	1.66	1.38	1.21	1.62	1.61	1.43
+ / -	- 0.16	- 0.18	0.22	0.23	- 0.05	- 0.22	0.19	0.18	
全钾(g/kg)	13.8	13.9	13.5	14.8	14.6	14.9	14.3	18.5	21.2
+ / -	- 7.4	- 7.3	- 7.7	- 6.4	- 6.6	- 6.3	- 6.9	- 2.7	
碱解氮(mg/kg)	45.2	52.5	50.5	50.5	55.8	60.4	55.6	66.9	83.5
+ / -	- 37.8	- 30.5	- 32.5	- 32.5	- 27.2	- 22.6	- 27.4	- 16.7	
速效磷(mg/kg)	17.7	9.8	28.9	29.2	19.6	9.2	29.6	26.9	25.9
+ / -	- 8.2	- 16.1	3	3.3	- 6.3	- 16.7	3.7	1	
速效钾(mg/kg)	84.4	78.2	76.8	79.8	87.0	83.2	80.2	108	127
+ / -	- 42.6	- 48.8	- 50.2	- 27.2	- 40	- 43.8	- 46.8	- 19	

* 表示与试验前相比的增减量。

最大,分别降低 8.2mg/kg、16.1mg/kg、6.3mg/kg、16.7mg/kg。NP、NPK、MNP、MNPK 处理,由于补充了磷素,土壤耕层速效磷含量提高 1mg/kg ~ 3.7mg/kg。各处理土壤速效钾含量均有所降低,MNPK 处理降低最少为 19mg/kg。可见,在当前钾肥不足的情况下,增施有机肥和秸秆还田是补充钾的有效措施。

试验结果充分表明,长期单施氮肥,将导致土壤供肥能力下降,下降幅度为:速效钾>速效磷>碱解氮。而有机肥和 NPK 配合施用,可以明显提高土壤供肥能力,提高幅度为速效磷>全磷>全氮。

2.4 腐殖质组成成分与主要农化性状间的关系

2.4.1 相关分析 相关分析表明, 胡敏酸、富里酸、胡敏素与全氮、全磷、碱解氮、速效磷之间存在着显著或极显著的相关关系。其中胡敏酸与全氮的相关程度最高($r=0.9317^{**}$), 与碱解氮、全磷、速效磷的相关系数分别为 0.9078^{**} 、 0.8511^{*} 、 0.7729^{*} 。富里酸与碱解氮的相关程度最高($r=0.8993^{**}$), 与全氮、全磷、速效磷的相关系数达到显著水平, 分别为 0.855^{**} 、 0.8724^{*} 、 0.8447^{**} 。胡敏素与全氮的相关性最大($r=0.9265^{**}$), 与碱解氮、全氮的相关系数分别为 0.8843^{**} 、 0.8791^{*} 。上述关系表明, 腐殖质各组合对土壤养分的供应, 调节土壤有机质的分解速率、增强土壤的保肥性能等方面起着重要的作用。

2.4.2 回归分析 相关分析直观地说明了腐殖质组分与农化性状的关系。为了把与腐殖质各组关系密切的农化指标挑选出来, 而把关系不太密切的农化指标剔除, 运用计算机通过变量的逐步回归建立了如下最优回归方程:

胡敏酸 $Y = -0.0841 + 0.9008X_1 + 0.0516X_3 \quad (R^2 = 0.9117)$
富里酸 $Y = 0.4723 + 0.3184X_1 - 0.5409X_3 + 0.0055X_4 \quad (R^2 = 0.8536)$
胡敏素 $Y = 0.2815 + 3.2809X_1 + 1.1431X_3 - 0.0248X_4 \quad (R^2 = 0.9193)$

式中, X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 分别代表全氮、全磷、碱解氮、速效磷。

由上述方程看出, 土壤中胡敏酸的多少, 有 91.17% 取决于全氮和碱解氮。富里酸有 85.36% 取决于全氮、碱解氮、速效磷。胡敏素有 91.93% 取决于全氮、碱解氮、速效磷。

2.5 长期施肥对作物生产力的影响

15 年作物平均产量(表 4), 无肥区为 $4769.1\text{kg}/\text{hm}^2$, N 区和 M 区分别为 $9249.6\text{kg}/\text{hm}^2$ 、
表 4 不同施肥处理对作物产量的影响 (kg/hm^2)

年份	对照	N	NP	NPK	M	MN	MNP	MNPK
1981	9376.5	11977.0	11527.5	12052.5	9859.5	1186.2	12343.5	12303.0
1982	6454.5	9427.5	10222.5	9540.0	8821.5	9538.5	9369.0	9540.0
1983	5970.0	13491.0	13315.5	13585.5	6882.5	14473.0	14365.5	14068.5
1984	3418.0	7965.0	8155.5	8764.5	4287.0	8514.0	8128.5	8773.5
1985	5079.0	10527.0	10833.0	14490.5	6990.0	11632.5	1194.0	12507.0
1986	8344.5	12585.0	13258.5	13157.5	6910.5	14977.5	15165.0	15109.5
1987	4734.0	11569.5	12304.5	12780.0	9228.0	14613.0	14494.0	15358.5
1988	4408.5	10494.0	11253.0	12455.0	6814.5	12934.5	12444.0	13185.0
1989	4074.0	10693.5	13593.0	12943.5	7363.5	13858.5	14340.0	14604.0
1990	3124.5	7993.5	10822.5	12489.0	6349.5	12504.0	12219.0	13779.0
1991	3535.5	8077.5	10823.0	10587.0	5550.0	11850.0	12900.0	13071.0
1992	2058.0	4800.0	9085.5	9000.0	5331.0	9171.0	10071.0	11056.5
1993	5635.5	7156.5	11464.0	13093.5	7221.0	10629.0	12193.5	13479.0
1994	3699.0	5424.0	9483.0	10794.0	6462.0	9426.0	11074.5	11893.5
1995	4624.5	7441.5	10884.0	11892.0	8134.5	11476.5	11752.5	13453.5
\bar{X}	4769.1	9249.6	11135.1	11641.6	7079.0	11830.7	12186.7	12812.1
增产(%)		93.9	133.5	144.1	48.4	148.1	155.5	168.6

注: 年产量为小麦、玉米产量之和。

7079.0 kg/hm², 无肥区比单施氮肥和单施有机肥处理分别下降 4480.5 kg/hm² 和 3309.9 kg/hm²。在等氮的情况下, 15 年平均产量 NP 处理为 11135.1 kg/hm², 比单施氮肥处理增产 1885.5 kg/hm²; NPK 处理为 11641.6 kg/hm², 比单施氮肥增产 2392.0 kg/hm²。在施有机肥相等的情况下, MN 处理平均产量为 11830.7 kg/hm², 比单施有机肥处理增产 4751.7 kg/hm²; MNP 处理平均产量为 12186.7 kg/hm², 增产 5107.7 kg/hm²; MNPN 处理产量为 12812.1 kg/hm², 增产 5733.1 kg/hm², 增产效果经方差分析达显著水平。

产量构成因子分析, 玉米增产主要表现在穗长增加(1.4 ~ 5.9 cm), 秃尖缩短(0.9 ~ 1.6 cm), 穗粒数增多(48 ~ 94 粒)。小麦增产主要表现在成穗率提高(4.5% ~ 7.1%), 穗粒数增多(3.3 ~ 10.5 粒), 千粒重增加(1.3 ~ 3.6 g)。

1995 ~ 1996 年在河南省的商丘、开封、郑州等地市的潮土区, 进行大面积小麦-玉米轮作施肥推广, NPK、MNP、MNPK 处理比单施氮肥处理增产 17.5%、19.0% 和 21.7%。其增产趋势与定位试验结果基本一致。

3 结论

长期施用化肥和有机肥或两者配施, 能使耕层土壤微生物含量增加, 促进了胡敏酸、富里酸、胡敏素的积累, HA/FA 比值提高, 土壤腐殖质品质明显改善。

土壤氮、磷、钾养分的消长与施入量有关, 施入量大的养分盈余, 否则土壤养分含量亏损。有机无机肥适宜配比, 对土壤养分的平衡具有十分重要意义。

相关分析和回归分析表明, 与腐殖质组分最为密切的农化性状是全氮和碱解氮, 其次是速效磷。

参 考 文 献

- 1 姜岩, 王淑珍. 土壤培肥对腐殖质的影响. 见: 吉林农业大学土壤改良培肥论文集. 吉林农业大学学报, 1985, 7(3): 48 ~ 52
- 2 蒋成仁. 有机肥和无机肥在提高黄潮土肥力中的作用研究. 土壤学报, 1990, 27(2): 179 ~ 195
- 3 张伯泉. 施肥对土壤有机质和几种主要肥力性质的影响. 土壤通报, 1987, 18(4): 156 ~ 160
- 4 严昶开主编. 土壤肥力研究方法. 北京: 农业出版社, 1988
- 5 崔文华. 化肥和有机肥对作物产量和土壤养分影响的研究. 土壤通报, 1993(6): 270 ~ 272
- 6 任祖淦, 陈玉水, 唐福钦, 等. 有机无机肥料配施对土壤微生物和酶活性的影响. 植物营养与肥料学报, 1996(3): 279 ~ 283
- 7 Fan RL, Yu HL. Effects of organic manure application on soil organic matter and crop yield in an aeolian sandy soil. J Soil Sci, 1987, 18(6): 284 ~ 285

Effects of Long-term Fertilizer Application on Soil Microorganisms and Humus Compositions

Zhang Xiang Zhu Hongxun Sun Chunhe

(Soil and Fertilizer Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002)

Cao Youjie

(Shangqiu Prefecture Soil and Fertilizer Station of Henan Province, Shangqiu City)

Abstract By means of 15-year long-term yield experiment, the effects of long-term fertilizer application on soil microorganism content, humus compositions, crop yield and soil fertility were studied systematically. The results showed that long-term application of chemical and organic fertilizers could increase the contents of microorganism, humic acid, fulvic acid and humin in the cultivated soil horizon and the ratio of HA/FA. It was found that chemical properties closely related to humus compositions were the total and available nitrogen, and fast phosphorus. No application of fertilizers or single application of N fertilizers or manure during long periods would result in the decrease of crop yield and low resistance to stress.

Key words: Long-term fertilization; Microorganism; Humus compositions; Yield