

玉米连作黑土培肥效果的长期定位试验研究

孙宏德 李 军 尚惠贤 朱 平 刘淑环 安卫红 吴广礼

(吉林省农业科学院土肥所,公主岭 136100)

摘要 有机无机肥配合施用,有利于土壤有机质的积累和活性有机质的增加,有利于增加土壤养分的贮备和供应强度。与单施化肥区比,土壤 N·P·K 增加 4%~11%。土壤物理性状趋于好转,总孔隙度、田间持水孔隙、通气孔隙增加 3%~27%,容重下降 12%~17%。土壤微团聚体发育良好,颗粒边缘光滑,疏松多孔,呈松散柔和的絮状分布。土壤生物活性提高,酶活性增强,土壤微生物活跃。蔗糖酶、脲酶、中性磷酸酶增加 25%~124%,微生物总量高 8%~27%。玉米高产稳产,公顷产玉米 8500kg 左右,比单施化肥提高 10%以上。籽粒蛋白质和 8 种人体必须氨基酸含量也有所提高。

关键词 玉米 连作 黑土肥力 土壤养分 长期定位试验

1 引言

大量研究资料和生产实践证明,土壤肥力和肥料效益的长期定位监测试验,具有时间上反复验证,信息量丰富,数量可靠,解释能力强等优点。英、法、美、德、俄、日、印等国都建有长期定位试验地。建于 1843 年的英国洛桑试验站和建于 1876 年的美国莫洛试验地,对化肥工业的发展和美国玉米带的增产,起到了决策性的指导作用。被誉为“世界之宝”和“美国历史里程碑”。

我国在重点农业区和主要土类上建立了 9 个国家级的土壤肥力和肥料效益监测基地。国家黑土监测基地建在吉林省公主岭市。黑土是我国的主要耕地之一,土质较肥沃,主要分布在东北松嫩平原的滨北及滨平铁路线的两侧,呈漫岗波状起伏,海拔 150~220m,无霜期 100~140 天,年降水量 450~600mm,有效积温 1600~3000℃,耕地面积 700 多万公顷,雨热同季,为一年一季雨养农业,主产玉米、大豆、小麦,是中国著名的玉米带。

自 1980 年始,我们对黑土肥力进行了定位试验,主要目的是监测黑土肥力的演变和有机无机肥培肥增产效益。

2 材料与方法

监测试验设在吉林省农业科学院试验地,中层黑土,土壤剖面理化性状见表 1。采用裂区设计,主区为有机肥 O(FYM0)、30 吨/公顷(FYM30)、60 吨/公顷(FYM60),有机肥为堆肥,养分含量见表 2。裂区为无机肥 O、N、P、K、NP、NK、PK、NPK。无机肥施量为每公顷 N150 公斤、 P_2O_5 75 公斤、 K_2O 75 公斤。小区面积 100m²,7 行区,随机排列。供试作物为玉米杂交种吉单 101(1980~1988),丹玉 13(1989~1991),种植密度为每公顷 47600 株。每年 4 月下旬播种,9 月下旬收获,每小区收获中部 16×3.5m² 植株测产。收获后在小区中部 5 行取耕层土样(0~20cm)5 点,充分混合均匀风干,进行室内分析。

分析方法:有机质—丘林法,有机复合胶体—杜列液法,全 N—重铬酸钾硫酸消化法,全 P_2O_5 —高氯酸硫酸溶钼锑抗比色法,水解 N—扩散法,速效 P_2O_5 —碳酸氢钠法,全 K_2O 、速效 K_2O —火焰光度法。物理分析—环刀连续测定法。脲酶—G·Hoffmann 和 K·Teicher 法,蔗糖酶—T·Ашербакова 法,中

参加工作的还有宋雅茹、吴国俊、魏景霞、王柏涛、宋刚等同志。

性磷酸酶—G·Hoffmann 法(1967)。

表 1 黑土剖面理化性状

深度 (cm)	腐殖质 (%)	全 N (%)	全 P ₂ O ₅ (%)	水解 N (mg/kg)	速效 P ₂ O ₅ (mg/kg)
0~20	2.77	0.19	0.14	112	19.1
21~40	1.74	0.15	0.13	66	4.2
41~50	0.51	0.09	0.10	35	4.1
51~90	0.46	0.04	0.10	51	2.9
91 以下	0.39	0.05	0.11	59	4.1

表 2 有机肥养分含量 (单位:%)

OMC	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
8~10	0.45~0.55	0.4~0.5	2~3

3 试验结果

3.1.1 土壤有机质培肥地力效果

单施化肥区和无肥区,土壤耕层有机质呈缓慢下降趋势。1980~1991 年,下降 5.2%~9.4%,年递减有机质万分之一到万分之二。有机肥加 NP 化肥区,土壤有机质呈增加趋势,1980~1991 年,增加 9.3%~10.4%,年递增有机质万分之二到万分之三,至今土壤仍未达到平衡(表 3)。

表 3 耕层土壤有机质变化 (%)

年度	深度 (cm)	NP (%)	FYM ₃₀ +NP	FYM ₆₀ +NP	ck
1980	0~20	2.81	2.83	2.79	2.80
1991	0~20	2.67	3.03	3.08	2.56

注:FYM 为有机肥,下同

有机无机肥配合施用与单施 NP 化肥区比,有机无机复合胶体和结合态的绝对量都趋于增加,相对量只有松结合态和稳结合态趋向增加,而紧结合态则趋向减少(表 4),表明有机无机肥配合施用有利于增加土壤活性有机质。

众多学者认为,土壤有机质是土壤肥力的核心物质,土壤有机质的更新积累,特别是活性有机质的增加,不仅能改善土壤生化性状,而且还可以络合或螯合某些元素,有利于作物吸收利用,达到高产稳产的目的。

表 4 土壤复合胶体变化

	松结合态		稳结合态		紧结合态		重组 C 总量	
	%	占总量 (%)	%	占总量 (%)	%	占总量 (%)	%	占总量 (%)
NP	0.58	54.2	0.10	9.3	0.39	36.4	1.07	91.5
FYM ₃₀ +NP	0.86	58.1	0.22	14.9	0.40	27.0	1.48	92.6

3.1.2 土壤养分

NPK 养分是土壤肥力的主要指标,单施化肥区和无肥区,耕层 NPK 养分呈下降趋势,1980~1991 年,土壤 N 下降 11%~16.7%,土壤 P 下降 8%~13%,土壤 K 下降幅度不大。有机肥加化肥区 NPK 养分均呈增加趋势,土壤 N 增加 5%~11%,土壤 P 增加 8%,土壤 K 增加 4%~9%。1991 年,有机肥+NP 化肥区比单施 NP 化肥区和无肥区,土壤 N 多 25%,土壤 P 和土壤 K 多 3%~19%(表 5)。可见有机无机肥配合施用,可增加土壤 NPK 养分,有利于作物的生长发育。

表 5 耕层土壤养分变化

	年度	全 N (%)	全 P ₂ O ₅ (%)	全 K ₂ O (%)
		(%)	(%)	(%)
ck	1980	0.18	0.130	2.00
	1991	0.15	0.115	1.95
	±	-0.03	-0.015	0.05
NP	1980	0.19	0.130	1.95
	1991	0.16	0.120	1.90
	±	-0.03	-0.010	-0.05
NPK	1980	0.19	0.130	2.00
	1991	0.16	0.100	1.98
	±	-0.03	-0.010	-0.02
FYM ₃₀ +NP	1980	0.19	0.130	1.96
	1991	0.20	0.130	2.04
	±	+0.01	0.000	+0.08
FYM ₆₀ +NP	1980	0.18	0.120	2.16
	1991	0.20	0.130	2.36
	±	+0.02	+0.010	+0.20

3.1.3 土壤物理性状

单施化肥区和无肥区,1980~1991 年,土壤耕层容重增加 2.4%~11%,总孔隙度、田间持水孔隙、通气孔隙及自然含水量均呈下降趋势,下降幅度为 2.0%~4.5%。有机无机肥配合施用,容重下降 12.7%~17.6%,总孔隙度、田间持水孔隙、通气孔隙和自然含水量均呈增加趋势,增加幅度为 2.2%~27.3%。表明有机无机肥配合施用,容重下

降,总孔隙度增加,通透性好,水、气、热比较协调(表 6)。

表 6 土壤物理性态变化 (采土深度 0~20cm)

	年 度	容 重 (g/cm ³)	孔 隙 组 成(%)			自然含水 量(%)
			总孔 隙度	田间持 水孔隙	通气 孔隙	
ck	1980	1.24	55.4	35.9	15.60	15.5
	1991	1.27	55.6	35.8	14.90	14.8
	±	+0.03	+0.2	-0.1	-0.70	-0.7
NP	1980	1.18	53.9	38.9	1.69	14.8
	1991	1.31	52.8	37.6	16.30	14.5
	±	0.13	-1.1	-1.3	-0.60	-0.3
FYM ₃₀	1980	1.15	56.0	36.7	15.70	15.9
	1991	1.08	57.0	39.5	17.50	17.6
	±	-0.07	+1.0	+2.8	+1.80	+1.7
FYM ₃₀ +NP	1980	1.16	55.0	37.0	13.90	17.1
	1991	0.98	57.3	39.9	15.30	18.5
	±	-0.18	+2.3	+2.9	+1.40	+1.4
FYM ₃₀ +NPK	1980	1.19	55.5	38.5	15.10	16.3
	1991	0.98	57.4	49.4	18.10	19.0
	±	-0.21	+1.9	+9.9	+3.00	+2.7
FYM ₆₀	1980	1.13	57.1	37.9	14.00	16.2
	1991	0.93	59.6	39.6	15.10	18.2
	±	-0.20	+2.5	+1.7	+1.10	+2.0
FYM ₆₀ +NP	1980	1.10	54.6	38.3	14.30	15.6
	1990	0.96	58.3	39.8	18.20	18.6
	±	-0.14	+3.7	+1.5	+3.90	+3.0

3.1.4 土壤微形态

土壤微形态特征能直观反映土壤垒结,即矿物颗粒、腐殖质颗粒和有机无机团聚体的空间排列形貌及孔隙状况。无肥区、NP 化肥区、有机肥+NP 区耕层电镜扫描可见,有机无机肥区颗粒立体感较清晰,有机无机团

聚体发育良好,颗粒边缘光滑,疏松多孔,呈松散柔和的絮状分布。无肥区和 NP 化肥区,有机无机团聚体发育一般,颗粒垒结较紧密,孔隙也较少。表明有机无机肥区土体构造好于化肥和无肥区。

3.1.5 土壤生物活性

随着有机肥和无机肥的逐年施入,土壤耕层蔗糖酶、脲酶、中性磷酸酶活性都呈明显增加趋势。单施化肥区增加幅度为 19%~68%,有机肥加化肥区增加幅度为 25.6%~124%,远大于化肥区。有机肥和无机肥区作物根际土壤微生物活跃,微生物总量有机肥+NP 区比单施 NP 化肥区高 8.5%~27.5%,细菌与真菌数量之比,高 2.5%~71%。

土壤酶与微生物能催化分解土壤中复杂的有机物质,转化为简单的无机化合物,供作物吸收利用。研究资料表明,土壤蔗糖酶、脲酶、中性磷酸酶等酶活性,微生物总量,细菌和真菌数之比与土壤有机质、NP 养分呈直线相关。有机无机肥区酶的活性、微生物总量、细菌/真菌值的增加,表明养分状况好,有利于有机物质的矿化作用和作物的吸收利用(表 7、表 8)。

表 7 不同处理土壤微生物区系 (1991 采土深度 0~20cm)

	微生物总数×10 ⁴ /g	细菌×10 ⁴ /g	放线菌×10 ⁴ /g	真菌×10 ⁴ /g	细菌/真菌
ck	787.0	618.0	164.9	4.1	192.0
N	808.0	660.9	143.2	3.9	207.0
NP	1297.2	1124.6	169.5	3.1	418.5
NPK	1297.2	729.3	160.6	5.0	259.0
FYM ₃₀	1891.5	1675.8	210.6	5.1	371.0
FYM ₃₀ +N	1425.8	1210.1	212.0	3.7	385.4
FYM ₃₀ +NP	1407.8	1239.1	164.9	3.3	526.0
FYM ₆₀ +NP	1653.5	1452.1	199.1	2.3	719.0

3.2 增产效果

1980~1991 年无肥区玉米产量由每公顷 5250 公斤左右下降到 3750 公斤左右,12 年平均产量为 4268 公斤。施肥区产量均呈增加趋势,受降水、温度等气候条件影响较大。其中 NPK 区和有机肥加化肥区,平均公顷

产量均在 7000 公斤以上,最高为施 60 吨有机肥+NPK 区,平均产量为 8872 公斤。公顷施化肥 N150 公斤和施 30 吨有机肥(折全 N150 公斤左右),平均玉米产量依次为 7417 公斤、6885 公斤,前者产量比后者高 7.7%,而变幅比后者高 37.6%。表明有机 N 的供应强度不如化肥 N,但抗逆性较强,比较稳产。

表 8 不同处理土壤酶活性变化

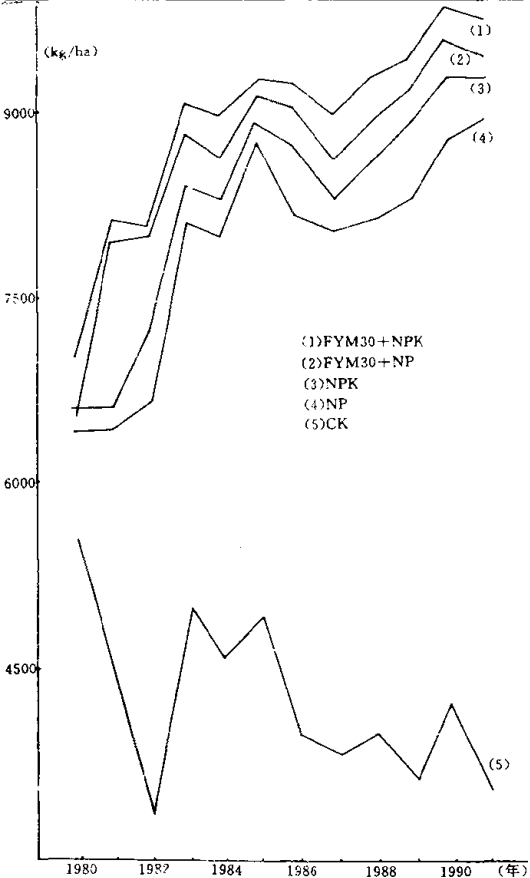
	年度	蔗糖酶 (葡萄糖 mg/g)	脲 酶 (NH ₃ -N mg/g)	中性磷酸酶 (酚 nig/g)
ck	1980	9.0	0.30	6.30
	1991	7.0	0.07	5.41
	±	-2.0	-0.23	-0.89
NP	1980	9.2	0.19	4.45
	1981	15.0	0.24	6.07
	±	+5.8	+0.05	+1.62
NPK	1980	10.1	0.21	5.20
	1991	17.0	0.25	6.50
	±	+6.9	+0.04	+1.30
FYM ₃₀	1980	11.0	0.15	5.63
	1991	14.5	0.17	5.81
	±	+3.5	+0.02	+0.18
FYM ₃₀ +NP	1980	8.9	0.19	5.66
	1991	20.2	0.31	7.11
	±	+11.1	+0.12	+1.45
FYM ₃₀ +NPK	1980	9.0	0.20	5.13
	1991	20.0	0.33	7.33
	±	+11.0	+0.13	+2.20
FYM ₆₀	1980	9.2	0.13	4.35
	1991	14.0	0.21	5.11
	±	+4.8	+0.08	+1.76
FYM ₆₀ +NP	1980	11.2	0.18	5.10
	1991	17.0	0.32	7.46
	±	+5.8	+0.14	+2.36

表 9 玉米产量(1980~1991,kg/ha)

	平均产量 (X)	标准差 (SX)
FYM ₀	ck	4268
	N	7417
	P	5445
	K	5048
	NP	7345
	NK	7546
FYM ₃₀	PK	5926
	NPK	8362
	ck	6885
	N	8287
	P	6953
	K	6855
FYM ₆₀	NP	8348
	NK	8520
	PK	7411
	NPK	8580
	ck	7102
	N	8415
FYM ₀	P	7403
	K	7095
	NP	8407
	NK	8235
	PK	7380
	NPK	8872

表 10 不同处理玉米蛋白质氨基酸等含量

	蛋白质 (%)	脂肪 (%)	淀粉 (%)	8种氨基酸 总和(mg/ 100g 蛋白质)
FYM ₀	7.36	4.69	73.6	36.68
FYM ₀ +N	9.45	4.78	70.4	37.55
FYM ₀ +NP	10.40	5.10	69.5	37.60
FYM ₀ +NPK	10.36	5.01	69.9	37.90
FYM ₃₀	9.21	4.57	71.6	37.03
FYM ₃₀ +N	10.31	4.50	70.6	38.19
FYM ₃₀ +NP	11.29	4.67	68.8	37.70
FYM ₃₀ +NPK	10.98	4.83	70.1	38.34
FYM ₆₀	9.82	4.32	71.7	37.34
FYM ₆₀ +N	10.55	4.55	70.9	37.44
FYM ₆₀ +NP	10.83	4.39	69.9	37.11
FYM ₆₀ +NPK	10.81	3.62	70.6	38.60



玉米产量年际变化图

(上接第 56 页)

施 30 吨有机肥加 150 公斤化肥 N, 平均公顷产玉米 8287 公斤, 比 NPK 化肥区产量 (8362 公斤) 仅低 0.9% (表 9, 图)。由于中国磷钾矿源不足, 从生产角度出发, 施有机肥加化肥 N 是比较经济可行的。

3.3 改善品质效果

施肥区蛋白质均高于无肥区, 施有机肥

加化肥区又略高于单施化肥区。如 NPK 化肥区玉米籽粒蛋白质含量为 10.36%, 有机肥 + N 区为 10.31%~10.55%, 有机肥 + NPK 区为 10.81%~10.90%。人体必须 8 种氨基酸也呈类似趋势 (表 10)。表明有机肥配施化肥, 不仅能培肥地力, 增加产量, 对改善籽粒品质也有一定贡献。