

不同培肥措施下黄潮土肥力变化定位研究

杨秀华 黄玉俊

(中国农业科学院土壤肥料研究所)

摘 要

本试验是 1977—1985 年在华北地区的黄潮土上进行的定位培肥试验。试验结果表明：施用不同有机肥培肥，均比单施化肥，土壤中总碳增加量达到极显著水平，土壤腐殖质组含量、土壤微形态特征，以及水稳性团粒结构的数量均有明显的变化。作物产量的效应，其差异显著性达到极显著水平。培肥 9 年的试验中，土壤肥力的变化明显地制约着作物产量的升降。

潮土分布面积较大，是我国粮棉重要产地。由于开垦历史悠久，培肥技术与培肥制度不完善，故土壤肥力偏低。所以，研究黄潮土的肥力变化规律与作物生育及产量的关系，探讨合理的培肥技术和合理的施肥制度是十分重要的。

一、试验条件和方法

(一) 土壤与气候条件 试验布置在鲁西北德惠新河北岸山东省陵县滋镇镇小高家大队，本区属暖温带气候，年雨量为 300—800 毫米，雨量分布极不平衡，大部分集中于 7、8 月份，全年无霜期为 180—226 天，年蒸发量大于降雨量的 3 至 5 倍。

试验土壤为黄泛平原冲积性黄土母质发育而成，属潮土类，黄潮土亚类，当地俗称小红土。地下水位为 2 米左右。分布面积为山东省耕地土壤的 40%。该土壤主要化学性状见表 1。

表 1 黄潮土化学性状

Table 1 Chemical properties of yellow fluvo-aquic soils

土层 (cm) Horizen	pH	有机质* (%) O. M	全氮 (%) Total N	全磷 (ppm) Total P	水解氮* (ppm) Hydoly- zable N	速效磷* (ppm) Avail-able P	速效钾* (ppm) Avail-able K	碳酸钙* (%) Calcium carbonate
0—23	6.8	0.81	0.075	0.058	49.30	22.00	85.00	8.84
23—50	6.8	0.51	0.050	0.067	27.30	4.12	87.00	8.84

* 有机质测定用邱林法，水解氮用碱解扩散法，速效磷用 0.5 mol 碳酸氢钠法，速效钾用火焰光度法，碳酸钙用快速滴定法。

(二) 试验处理与方法 试验小区选择地力均匀，耕层一致的地块，进行随机排列组合。小区面积为 6×22.5 m，四个处理(重复 2 次)，小区处理设：I. 半腐熟麦秸肥 (W. S. M.)，折合补施 (NH₄)₂SO₄ 60.13 公斤，Ca(PO₄)₂ 3.5 公斤；II. 猪圈肥 (P. M.)，折合补施 (NH₄)₂SO₄ 27.63 公斤，Ca(PO₄)₂ 0.71 公斤，K₂SO₄ 7.5 公斤；III. 马圈肥 (H. M.)，折合补施 (NH₄)₂SO₄ 50.13 公斤，Ca(PO₄)₂ 26.4 公斤，K₂SO₄ 3.3 公斤；IV. 化肥 (C. F.) 施用 (NH₄)₂SO₄ 95.13 公斤，Ca(PO₄)₂

60.71 公斤、K₂SO₄ 20 公斤。麦秸肥(I)和圈肥(II、III)的用量,每亩为 8000 公斤(湿重)施入。不同肥料处理间均调节为相等的 N、P、K 含量水平。有机肥用量中不足部分用化肥补给。

施肥方式: 在土壤耕翻前将肥料按小区均匀施撒于地表,用 54-铁牛拖拉机翻入 0—23 cm 土层内,耙平后机播冬小麦(小麦品种: 为太山 4 号和济南 13 号),夏玉米只追施相等数量的氮肥。

土壤样品: 用多点混合取样,取样深度为 0—23 cm 及 23—50 cm; 用常规法分析土壤养分^[1]; 用混合液萃取腐殖质组分^[2]; 土壤微形态取样用铝盒取原状土,用土壤薄片及偏光显微镜分析; 用扫描电镜观察分析有机无机复合的超微形态^[3]; 用湿筛法(每分钟上下振荡 32 次,筛 30 分钟)测定土壤水稳性团粒结构。

二、试验结果

(一) 培肥与土壤有机质的积累

经过连续 9 年有机肥培肥后, 0—23 cm 土层中有机质积累量逐年增加, 与培化肥相比较每年分别增多 46.58%、26.15% 和 20.12%。其中不同有机肥又以麦秸肥为最佳, 猪圈肥又比马圈肥好。培肥 9 年后的 1985 年的积累量与 1977 年培肥前相比较, 平均分别增加 0.94%、0.70%、0.47% 和 0.25%; 如培肥前为 100% 的话, 则培肥后分别增长 115.24%、85.28%、58.04% 和 30.79%。单施化肥的土壤, 由于根茬量的增加, 所以, 土壤有机质含量也有一定增加(表 2)。

表 2 黄潮土培肥对土壤有机质含量的影响

Table 2 The effect of fertilization on the organic matter content in yellow fluvo-aquic soil

处理 Treatment	土层 (cm) Horizon	土壤有机质含量(%) Soil organic matter content (%)											
		年份 (Year)										9 年平 均数	1985 年比 1977 年增 增值*
		1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985			
I. 麦秸肥 W. S. M.	0—23	0.8112	0.979	1.030	1.230	1.670	1.857	2.112	1.482	1.746	1.435	0.9348	115.24
	23—50	0.5148	0.726	0.586	0.590	0.627	0.901	0.768	0.535	0.619	0.652	0.1042	20.24
II. 猪圈肥 P. M.	0—23	0.8112	0.968	0.850	1.050	1.260	1.607	1.717	1.352	1.503	1.235	0.6918	85.28
	23—50	0.5148	0.671	0.504	0.560	0.679	0.924	0.610	0.698	0.685	0.650	0.1702	33.06
III. 马圈肥 H. M.	0—23	0.8112	0.892	0.943	1.130	1.160	1.561	1.593	1.210	1.282	1.176	0.4708	58.04
	23—50	0.5148	0.572	0.544	0.560	0.768	0.947	0.565	0.556	0.575	0.622	0.0602	11.69
IV. 化肥 C. F.	0—23	0.8112	0.825	0.818	0.940	1.002	1.083	1.175	1.100	1.061	0.979	0.2498	30.79
	23—50	0.5148	0.484	0.474	0.600	0.580	0.958	0.734	0.524	0.575	0.605	0.0602	11.69

* 以培肥前为 100%, 培肥到 1985 年增加的百分数。

各处理间土壤有机质变量, 用表 2 数据进行方差分析结果: $F = 15.7^{**} > F_{0.01=4.87, 0.05=3.07}$

即其变异显著性已达到极显著水平。再经 t 值检验结果来看, 也证明了用麦秸肥、猪圈肥和马圈肥培肥的效果比化肥快, 其有机质含量的增长速度的差异值分别为 0.4558^{**}、0.2571^{**}、0.1963^{**} $> L. S. D. \begin{matrix} 0.01=0.094 \\ 0.05=0.062 \end{matrix}$, 同样说明其差异显著性达到了极显著水平。在有机肥中麦秸肥又比猪圈肥和马圈肥好, 其差异值为 0.1987^{**}、0.2595^{**}、 $> L. S. D. \begin{matrix} 0.01=0.084 \\ 0.05=0.062 \end{matrix}$

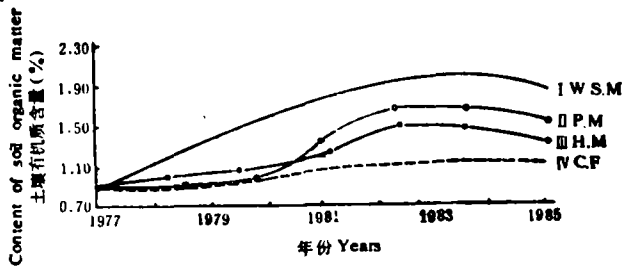


图1 黄潮土培肥土壤有机质的积累 (0—23 cm)

Fig. 1 Effect of fertilization on the accumulation of O. M content in yellow fluvo-aquic soil

即差异显著性也达到极显著水平(图1)。

(二) 培肥与土壤全氮的含量

定位试验经过连续培肥的结果表明,除施化肥处理外,土壤中全氮的积累量是随土壤有机质含量的改变而增减。例如用有机肥培肥的土壤。0—23 cm 土层中的全氮含量均比用化肥培肥的效果好,每年平均分别增高 31.0%、18.31% 和 11.27%,在有机肥中是麦秸肥 > 猪圈肥 > 马圈肥,1985 年土壤全氮含量比 1977 年培肥前的分别增长 45.33%、22.67%、22.67%,年均增加量分别为 0.0038%、0.0019%、0.0019%。而用化肥培肥的土壤全氮积累量没有增加(表3)。用表3 数据进行方差分析的结果表明,经有机肥培肥后,各

表3 黄潮土培肥对土壤全氮含量的影响

Table 3 The effect of fertilization on total N content in yellow fluvo-aquic soil

处理 Treatment	土层 (cm) Horizon	土壤全氮含量(%) Soil total N content (%)												
		年份 Year										9 年平均 均数	1985年比 1977年增 加数	增值
		1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985				
麦秸肥 W. S. M	0—23	0.075	0.089	0.079	0.100	0.087	0.095	0.103	0.098	0.109	0.093	0.0938	45.33	
	23—50	0.050	0.047	0.054	0.049	0.040	0.053	0.058	0.044	0.046	0.049	-0.0004	-8.00	
猪圈肥 P. M	0—23	0.075	0.089	0.063	0.079	0.076	0.091	0.102	0.093	0.092	0.084	0.0019	22.67	
	23—50	0.050	0.051	0.040	0.042	0.043	0.050	0.051	0.054	0.062	0.049	0.0013	24.00	
马圈肥 H. M	0—23	0.075	0.078	0.062	0.081	0.082	0.071	0.085	0.087	0.092	0.079	0.0019	22.67	
	23—50	0.050	0.044	0.041	0.044	0.051	0.045	0.041	0.044	0.042	0.045	-0.0009	-16.00	
化肥 C. F	0—23	0.075	0.075	0.061	0.073	0.070	0.060	0.076	0.079	0.074	0.071	-0.0001	-1.33	
	23—50	0.050	0.058	0.038	0.048	0.042	0.052	0.053	0.044	0.044	0.048	-0.0007	-12.00	

处理间的土壤全氮含量的变异量 F 值 = 12.55**, $> F_{0.01=4.87, 0.05=3.07}$, 说明各处理间土壤全氮含量的变异显著性达到了极显著水平。随着培肥年限的增加,全氮的积累量,其变量 F 值 = 7.50**, $> F_{0.01=3.65, 0.05=2.49}$, 说明,年度间的变异显著性也达到了极显著水平。经 t 值检验的结果亦表明,培有机肥后,土壤全氮量的提高,比化肥效果显著,其差异值为 0.0197** 0.0124**、0.0065** $> L. S. D_{0.01=0.0045, 0.05=0.0031}$, 差异显著性达到极显著水平。而在有机肥中

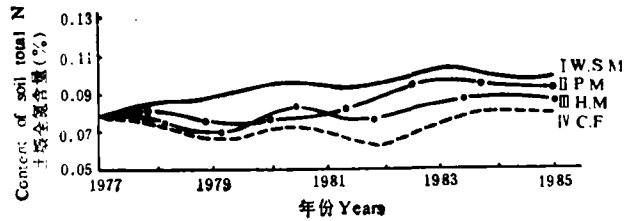


图2 黄潮土培肥土壤全氮的积累 (0—23 cm)

Fig. 2 Effect of fertilization on the accumulation of total N in yellow fluvo-aquic soil (0—23cm)

麦秸肥>猪圈肥和马圈肥,其差异值为 0.0073**、0.0132** > *L. S. D.*_{0.01=0.0045, 0.05=0.0033}, 差异显著性也达到了极显著水平(图 2)。

(三) 培肥与土壤磷的含量

鲁西北黄潮土磷的含量偏低,特别是有效磷含量更低。经连续培肥后,0—23 cm 耕作层中全磷含量有明显地提高,比培肥前的 1977 年年平均增加量为 0.0057—0.0018%,分别增值为 87.93%、58.62%、58.62% 和 27.58%,四种处理中,麦秸肥>猪圈肥>马圈肥>化肥(表 4)。用表 4 数据经方差分析结果表明,用不同肥料培肥的效果,各处理间

表 4 黄潮土培肥对土壤全磷含量的影响

Table 4 The effect of fertilization on total P₂O₅ content in yellow fluvo-aquic soil

处理 Treatment	土层 (cm) Horizon	土壤全磷含量(%) Total P ₂ O ₅ content (%)												
		年份 Year										9 年平 均数	1985 比 1977 增 加数	增值
		1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985				
麦秸肥 W. S. M	0—23	0.058	0.075	0.073	0.071	0.080	0.092	0.076	0.075	0.109	0.079	0.0057	87.93	
	23—50	0.067	0.058	0.059	0.064	0.080	0.069	0.078	0.055	0.046	0.064	-0.0023	-31.34	
猪圈肥 P. M	0—23	0.058	0.071	0.084	0.076	0.080	0.072	0.096	0.077	0.092	0.078	0.0038	58.62	
	23—50	0.067	0.057	0.062	0.066	0.080	0.068	0.094	0.081	0.062	0.071	-0.0006	-7.46	
马圈肥 H. M	0—23	0.058	0.067	0.059	0.073	0.045	0.078	0.072	0.077	0.092	0.069	0.0038	58.62	
	23—50	0.067	0.058	0.060	0.051	0.043	0.062	0.069	0.062	0.042	0.057	-0.0028	-37.31	
化肥 C. F	0—23	0.058	0.060	0.069	0.067	0.046	0.084	0.071	0.077	0.074	0.067	0.0018	27.58	
	23—50	0.067	0.058	0.052	0.049	0.043	0.064	0.067	0.057	0.044	0.056	-0.0026	-34.32	

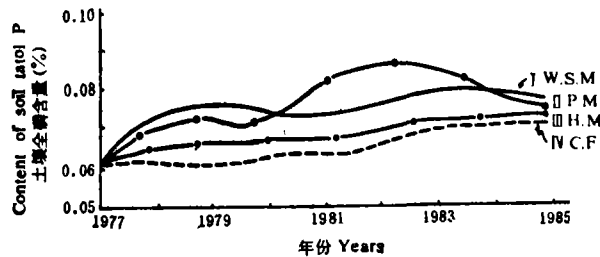


图3 黄潮土培肥土壤全磷的积累 (0—23 cm)

Fig. 3 Effect of fertilization on the accumulation of P₂O₅ in yellow fluvo-aquic soil (0—23 cm)

土壤全磷的变量 F 值 $= 3.14^* > F_{0.01=4.87}$, $F_{0.05=3.07}$, 变异达到了显著水平。土壤全磷的积累量见图 3。土壤速效磷含量的提高也是显著的, 例如 1985 年与 1977 年相比较, 0—23 cm 土层中, 速效磷含量的增加为 44.8—33.7 ppm, 其中猪圈肥 > 麦秸肥 > 马圈肥 > 化肥。尤其猪圈肥和麦秸肥比化肥增多 32.94% 以上, 土壤的有机磷含量分别增加到 140—100 ppm, 比化肥增多 34.6—30.77%。

(四) 培肥与土壤腐殖质含量

经连续 9 年培肥的结果表明, 麦秸肥和圈肥对土壤腐殖质总碳量的提高和品质的改善都有较大的影响, 与化肥相比较, 0—23 cm 土层中土壤腐殖质的总碳量分别增多为 71.43%、57.14%、14.29%; 其次土壤胡敏酸的含量也有明显增加, 胡敏酸占总碳量的百分数, 比培化肥的土壤分别增值 60.41%、170.46% 和 118.76%; 胡敏酸与富里酸的比值 (HA/FA) 高于化肥的 1—7 倍(表 5)。从而看出, 用麦秸肥和圈肥培肥对改善土壤的性质, 尤其是对土壤胶体的品质以及对增加土壤代换量和固持土壤养分, 还有对促进土壤团粒结构的形成等都有重要作用。

表 5 黄潮土培肥对土壤腐殖质及代换量的影响

Table 5 The effect of fertilization on soil humus and ion exchange capacity in yellow fluvo-aquic soil

处 理 Treatment	有机质 (%) O. M	腐殖质总碳(%) Humus in total-C		胡敏酸(%) Humic acid			富里酸(%) Fulvic acid		胡敏酸 富里酸 HA/FA	胡敏素 (%) Humin- C	代换量 (me/100 克土) Exchange capacity
		含量	增值	含量	占总碳	增值	含量	占总碳			
麦秸肥 W. S. M	1.75	0.48	71.43	0.22	45.83	60.41	0.26	54.17	0.82	1.27	9.70
猪圈肥 P. M	1.50	0.44	57.14	0.34	77.27	170.46	0.10	22.73	3.31	1.06	9.16
马圈肥 H. M	1.28	0.32	14.29	0.20	62.50	118.76	0.12	37.50	1.66	0.96	8.76
化肥 C. F	1.06	0.28	0.0	0.08	28.57	0.0	0.20	71.43	0.40	0.78	8.70

(五) 培肥与土壤有机无机复合的土壤超微形态和微形态 (0—23 cm)

经过半腐熟的麦秸肥和猪、马圈肥培肥后的原状土样, 在扫描电镜下观察, 可清晰地看到土体表面有一层白色的有机胶体包被着土壤颗粒, 并形成了松软的超微形态性状^[7]。据观察不同肥料培肥 2 年后所形成的超微形态: 培麦秸肥的土壤是成絮状超微形态, 培猪圈肥的成管状; 培马圈肥的成片状; 而培化肥的则成块状, 且其矿物颗粒裸露无有机物包被, 见图版 I (照片 1—4)。经过培肥 5 年以后, 土壤的超微形态特征变得细碎, 凡是用有机肥培肥的土壤, 其土体表层均有有机胶体包被且很松软, 而用化肥培肥的土壤土体仅开始出现细碎感, 但仍较致密, 见图版 I (照片 5—8)。试验表明, 黄潮土经过有机肥连续培肥 5 年以后可以达到土肥相融的效果。

将土壤薄片进一步在偏光显微镜下观察分析, 可以明显的看到施用了有机肥的土体较疏松, 不同有机肥腐烂后保留有不同的孔隙特征, 而施用化肥的土体比较致密, 见图版

II (照片 1, 2) 和图版 III (照片 3, 4)。例如培肥 2 年后, 麦秸肥腐烂土体中形成有棒状孔隙, 施猪圈肥的土体形成有网状孔隙, 而培化肥的土体主要是毛管孔隙, 仍较致密。见图版 II (照片 5, 6), 图版 III (照片 7, 8)。经过培肥 5 年后, 土体孔隙均增大。如施有机肥的土体, 微团聚体由小团聚体形成了较大而稳定的粒状结构, 其中麦秸肥和猪圈肥培肥的土体, 其结构较明显, 培马圈肥的土体次之, 而施化肥的土体虽有疏松感, 但无结构形成, 见图版 II (照片 9, 10) 和图版 III (照片 11, 12)。由此可看到, 经连续培肥, 可有效改善土体的结构^[4, 5]。

再从土壤水稳性团粒分析结果来看, 施用有机肥对黄潮土的团粒结构也有较大的影响。0—23 cm 土层中, 大于 0.25 mm 的水稳性团粒结构, 由培肥前 1977 年的 13.9% 上升到 1985 年的 21.0—24.4%, 而培化肥的土壤, 则由 13.9% 降止 11.27% (图 4)。而且

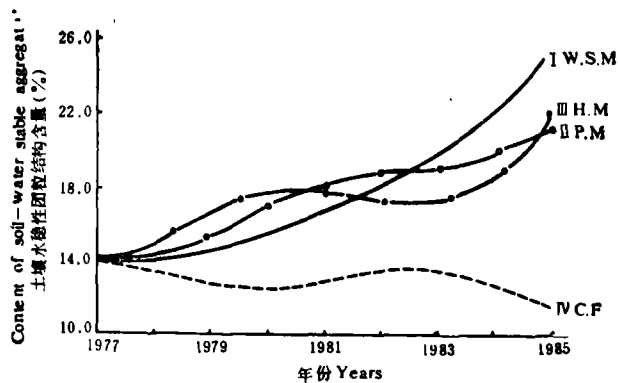


图 4 黄潮土培肥土壤水稳性团粒结构变化 (0—23 cm)

Fig. 4 Effect of fertilization on soil water-stable aggregate in yellow fluvo-aquic soil (0—23 cm)

表 6 黄潮土培肥对土壤水稳性团粒结构各粒级的影响

Table 6 The effect of fertilization on soil water-stable aggregates in yellow fluvo-aquic soil

处 理 Treatment	土壤水稳性团粒结构含量 (%) Soil water aggregate content (%)						>0.25 mm		
	>3 mm	3—2 mm	2—1 mm	1—0.5 mm	0.5—0.25 mm	0.25—0.1 mm	>0.25 mm	增值	(%)
麦秸肥 W. S. M	1.27	0.33	1.60	4.33	16.87	9.67	24.40	13.13	116.50
猪圈肥 P. M	2.47	0.33	2.40	4.67	11.13	7.33	21.00	9.73	86.34
马圈肥 H. M	0.07	0.20	0.80	2.60	17.93	10.73	21.69	10.33	91.66
化肥 C. F	0.0	0.00	0.73	2.73	7.80	6.40	11.27	0.0	0.0

(0—23 cm)

土壤颗粒中各种粒级的变化也有不同(表 6)。以上的试验结果说明采用半腐熟麦秸肥和

猪、马圈肥培肥黄潮土能有效地改善土壤结构,从而提高土壤对养分的固持能力,为土壤生物活性提供了能源和创造良好的生长条件。

1985年测定的结果表明,经有机肥培肥的土壤,0—23 cm 土层中的蛋白酶、磷酸酶、脲酶等的活性都比化肥培肥的活跃(表7)。研究表明,土壤酶活性的增强,这可以使土壤中一些难以被作物利用的物质,如有机氮、有机磷等可转化为易被作物吸收利用的有效养分。

表7 黄潮土培肥对土壤生物活性的影响

Table 7 The effect of fertilization on biological activity in yellow fluvo-aquic soil

处 理 Treatment	土 层 (cm) Horizon	蛋 白 酶* (mg/10 克土·30°C) Protesase NH ₃ -N	脲 酶* (mg/l 克土·37°C) Urease NH ₃ -N	磷 酸 酶* (mg/l 克土·37°C) Alkalina Protease
麦 秸 肥 W. S. M.	0—23	4.61	1.88	2.22
	23—50	2.85	9.91	0.78
猪 圈 肥 P. M	0—23	4.28	1.91	2.32
	23—50	3.42	1.18	1.16
马 圈 肥 H. M	0—23	4.80	1.84	2.16
	23—50	2.95	0.80	0.73
化 肥 C. F	0—23	4.13	1.68	2.08
	23—50	2.57	0.77	0.81

* 蛋白酶用茚三酮显色法,脲酶用 Hoffmann 比色法,磷酸酶用 Дживс 显色法。

(六) 培肥与冬小麦产量

黄潮土经麦秸肥和猪、马圈肥培肥结果,改善了土壤的理化生物特性,特别是改善了土壤的胶体品质和团粒结构,增强了土壤养分的固持力,提高了土壤肥力水平,为小麦生育及高产稳产创造了良好的土壤条件。在定位试验9年中虽受到华北地区频繁的冬春旱害与寒害的威胁,但是从冬小麦年平均产量比较中,用麦秸肥培肥的结果,冬小麦亩产为422.16公斤,猪圈肥和马圈肥的,冬小麦亩产为417.46公斤,化肥的为亩产372.19公斤,培有机肥比培化肥分别增产13.43—12.16%(表8)。用表8数据经方差分析结果,各处

表8 黄潮土培肥对冬小麦产量的影响

Table 8 The effect of fertilization on wheat yields in yellow fluvo-aquic soil

处 理 Treatment	小 麦 产 量 (公 斤 / 亩) Wheat yield (kg/mu)			
	1978—1985 年总产量 Total yield	每年平均产量 Average yield	增 产 Increase	
			公斤 (kg)	(%)
麦 秸 肥 W. S. M	3377.27	422.16	49.97	13.43
猪 圈 肥 P. M	3339.66	417.46	45.27	12.16
马 圈 肥 H. M	3339.69	417.46	45.27	12.16
化 肥 C. F	2977.75	372.19	0.0	0.0

理间小麦产量的变异量 F 值 = 6.09**, $> F_{0.01=3.18, 0.05=2.29}$, 其产量变异显著性达到极显著水平。再经 t 值检验结果表明, 采用有机肥培肥比化肥培肥的产量差异值为 99.94**, 90.53**, 90.53**, $> L.S. D_{0.01=69.09, 0.05=51.64}$, 可见其产量差异显著性达到了极显著水平, 总结 9 年的冬小麦产量结果看出, 用半腐熟的麦秸肥和猪、马圈肥培肥的黄潮土, 对提高作物产量以及高产稳产均优于化肥培肥的效果。

三、小 结

经过 9 年连续施用麦秸肥、猪圈肥和马圈肥培肥黄潮土后的试验结果表明: 麦秸肥与圈肥对改善黄潮土的理化性质和生物性状, 提高与积累土壤有机质和氮、磷、钾元素的含量都比单施化肥优越。

经过不断地施入麦秸肥和圈肥培肥黄潮土更能有效地提高土壤中的腐殖质含量, 特别是大分子的胡敏酸和胡敏素有明显增加, 这有利于形成比较稳定的土壤有机无机复合微团聚体和水稳性团聚体, 增强土壤中生物活性、活化土壤养分, 提高土壤对养分的固持力。而单施化肥的土壤虽由于作物根荐量的增加, 使土壤有机质含量有一定增加。但其积累量及速度仍不如施用有机肥的作用明显。通过扫描电镜及土壤薄片的分析鉴定, 明显地看到有机肥料具有促进土壤结构形成的重要作用。

定位试验经不同气候条件下的检验: 实践证明了用麦秸肥和圈肥培肥黄潮土, 比化肥培肥的土壤更能获得高产稳产。这说明用麦秸肥和圈肥培肥的土壤还具有良好的抗逆性能。为了进一步弄清土壤肥力的实质与作物产量的关系, 本项定位试验研究, 还有待于今后更进一步的深入探讨。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所, 1978: 土壤理化分析。上海科技出版社。
- [2] 山东省土壤肥料研究所, 1984: 土壤肥料分析。农业出版社。
- [3] 陈恩凤等, 1984: 土壤肥料实质的研究。土壤学报, 第 21 卷 3 期, 229—236 页。
- [4] 杨秀华, 1983: 黄潮土培肥与土壤微形态特征的研究。土壤肥料, 第 3 期, 5—10 页。
- [5] 杨秀华, 1987: 土壤培肥与土壤肥力特征的研究。土壤肥料, 第 1 期, 13—17 页。
- [6] B. T. Cheng (夏荣基等译) 1982: 土壤有机质研究。科学出版社。
- [7] Foster, R. C. etc, 1983: Ultrastructure of the root-soil interface. The American phytopathological Society, p12—34. Minnesota. U. S. A.

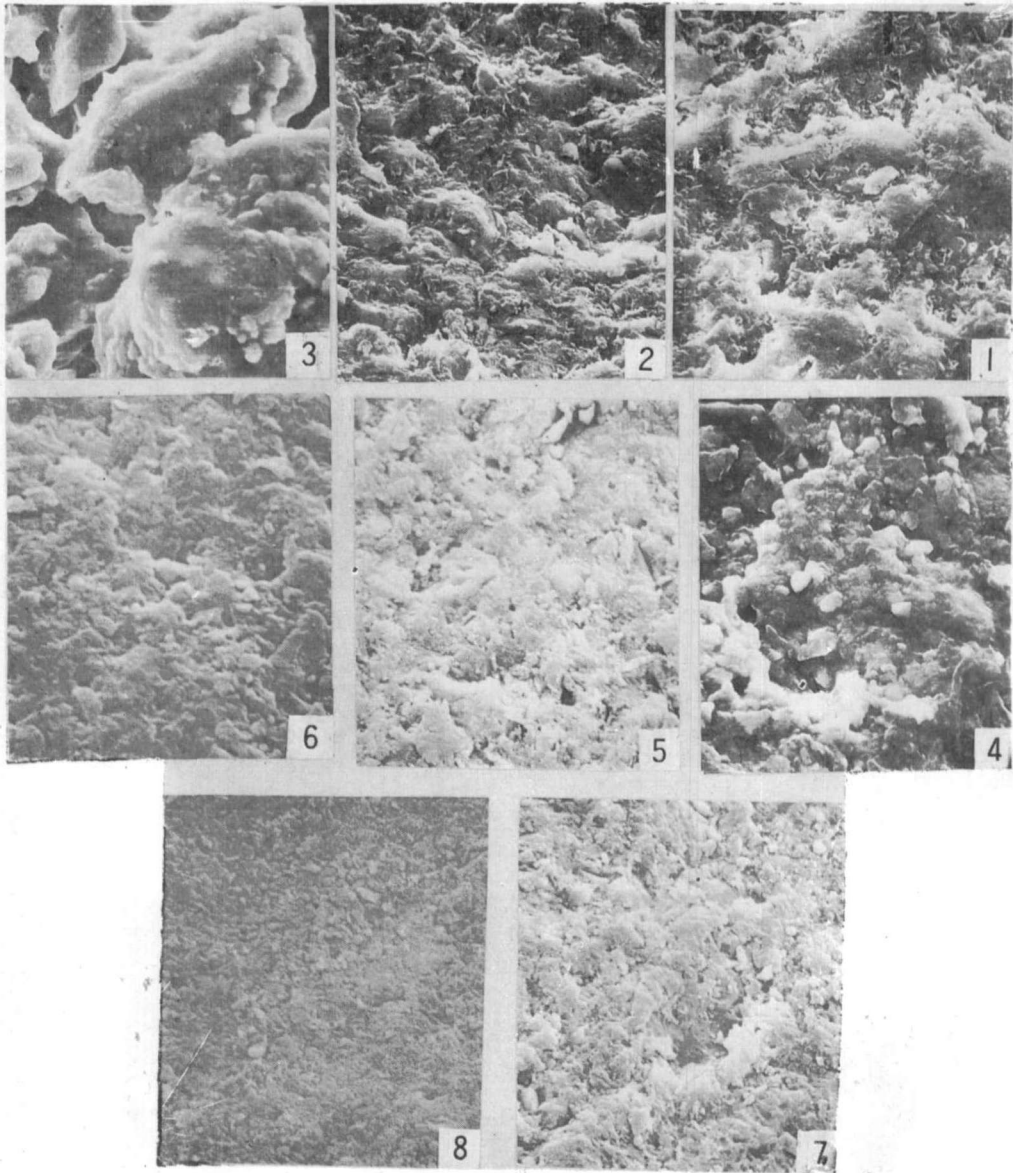
LONG TERM STUDY ON FERTILIZATION ON THE CHANGES OF FERTILITY OF YELLOW FLUVO-AQUIC SOIL

Yang Shuhua and Huang Yujun

(Institute of Soil and Fertilizers, Chinese Academy of Agricultural Sciences)

Summary

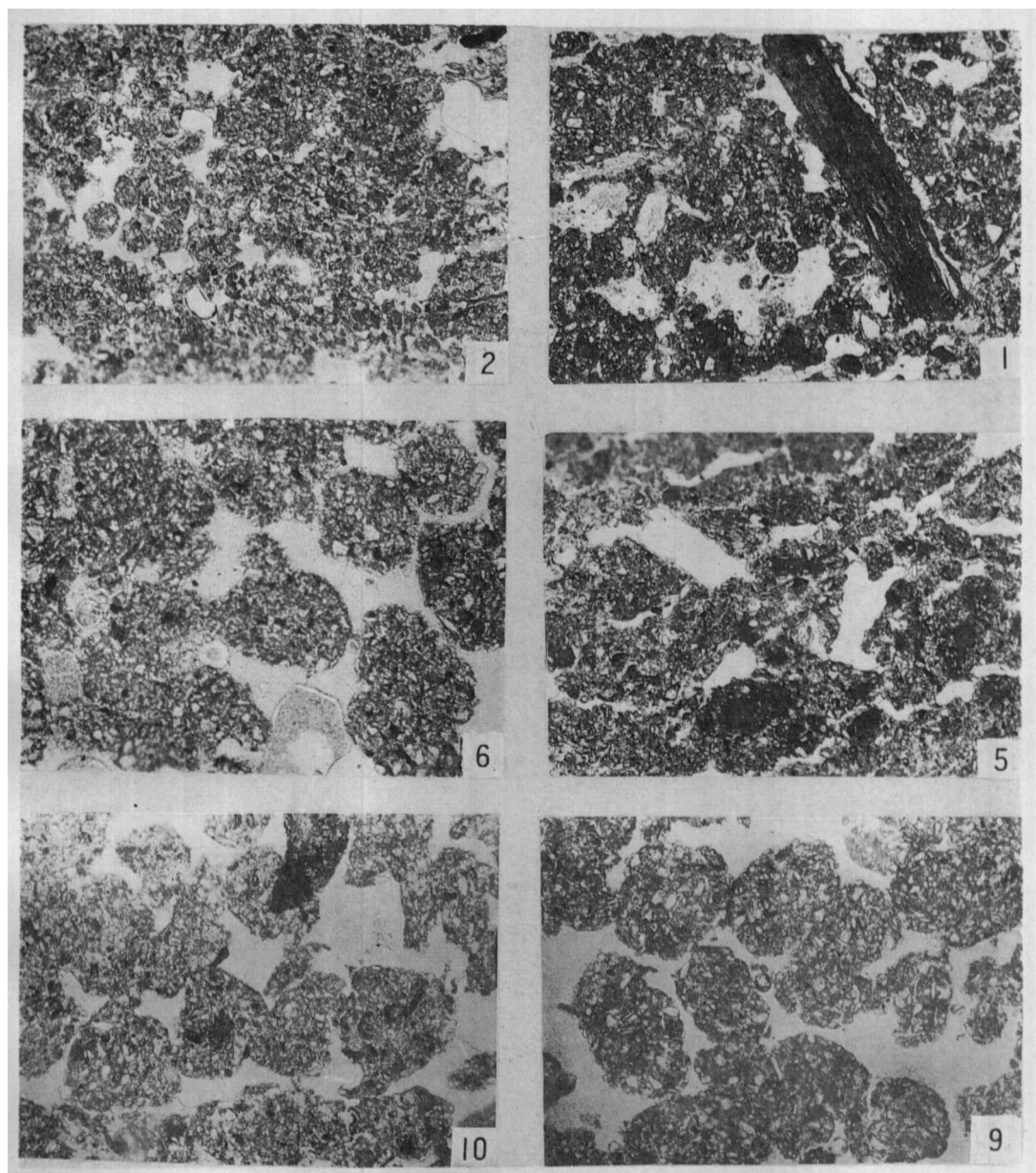
This research work began in 1977 and has been continued for ten years. Field experiments were conducted in the region of yellow fluvoaquic soil in north China. Data obtained showed that the increase in total carbon of soil through application of different organic manures appeared much more significant than that applied with chemical fertilizers. At the same time, the contents of various humus fractions and the amount of waterstable soil aggregates were also increased greatly by application of organic manures. The above mentioned phenomena could be observed by micro morphological characteristics of the soil. Correlations between soil treatments and crop yields were quite significant in spite of changes of weather conditions during the past nine years. By assuming that the contents of humus, water-stable soil aggregates, etc. be reliable index of soil fertility, the effect of wheat straw and organic manures on crop yield are much greater than that of chemical fertilizers.



1, 5, 麦秸肥培肥 2 年及 5 年 (0—23 cm) 2, 6, 猪圈肥培肥 2 年及 5 年 (0—23 cm)
3, 7, 马圈肥培肥 2 年及 5 年 (0—23 cm) 4, 8, 施化肥 2 年及 5 年 (0—23 cm)

照片 1 土壤超微结构的扫描电镜图像 ($\times 10 \mu$)

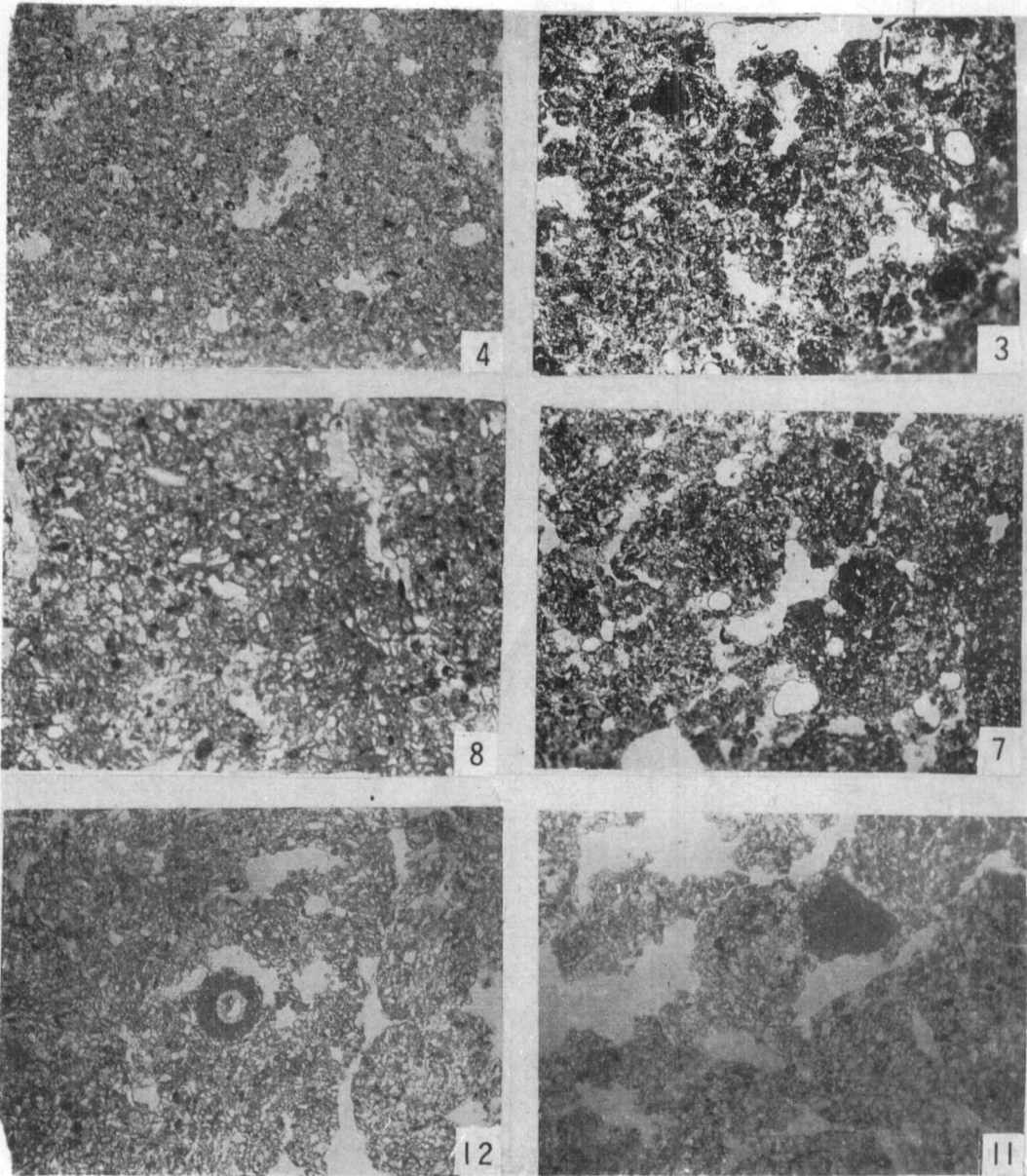
Photo 1 Scanning electron microscopic photographs of soil ultra-microstructures



1, 5, 9. 麦秸肥培肥 1、2、5 年后, 土壤微形态: 土体由疏松的团聚体至稳定的团粒结构 (0—23 cm)。
2, 6, 10. 猪圈肥培肥 1、2、5 年后, 土壤微形态: 土体由小微团聚体至稳定的大团聚体 (0—23 cm)。

照片 2 土壤薄片显微照像(单偏光 $\times 20$)

Photo 2 Thin sections of soil



3, 7, 11 马圈肥培肥 1、2、5 年后, 土壤微形态: 由疏松不同粒级的团聚体至大团聚体的形成 (0—23 cm)。
4, 8, 12 施化肥 1、2、5 年后, 土壤微形态: 土体由紧实直至 5 年后土体变松但无团聚体形成 (0—23 cm)。

照片 3 土壤薄片显微照像(单偏光 $\times 20$)

Photo 3 Thin sections of soil