

绿肥、麦秸还田培养地力的研究*

I. 对土壤有机质和团聚体性状的影响

黄不凡

(中国农业科学院土壤肥料研究所)

在小麦、玉米复种轮作制中,合理施肥是决定作物产量和提高土壤肥力的重要因素之一。有关翻压绿肥、秸秆还田的方法及增产效果已有很多报道^[1,2,6,7,9,10],但对豆科绿肥、禾本科秸秆配合施用,改善土壤结构性状,恢复与保持腐殖质含量水平的研究较少。因此,研究绿肥、麦秸还田的增产作用和培肥效果,具有重要意义。

一、试验设计和方法

田间定位试验自1977年秋季开始,在山东省兖州县城关公社倪村大队的水浇麦田上进行,为砂质粘壤土,耕作层土壤有机质含量1.10%,全氮量0.072%,全磷0.095%,水解氮36.4ppm,速效磷、钾含量分别为24.4ppm及174ppm,0.25毫米以上水稳性团聚体为12.8%,pH 7.4。地下水位在3.5—5米之间,能灌能排,常年亩施土杂肥8000—10000斤,化肥250斤左右(折成标准硫酸铵、过磷酸钙计算:即小麦上施磷肥50斤、氮肥130斤,玉米上施氮肥70斤),地力中上等。定位试验是在常年化肥用量基础上设置了5个处理:(1)对照区,未施有机肥料;(2)每亩施土杂肥10000斤区,C/N为27.1,年均施入有机碳量298斤;(3)每亩翻压绿肥2000斤区,C/N为20.4,年均施入有机碳量203斤;(4)每亩施风干麦秸1000斤区,C/N为88.9,年均施入有机碳量410斤;(5)每亩1000斤绿肥及500斤麦秸区,C/N为54.7,年均施入有机碳量307斤。采用的豆科绿肥有草木樨、田菁、苜蓿和大豆茎叶。绿肥及麦秸均铡成8—10厘米长,均匀撒于畦面,然后用拖拉机犁耕翻压,整地作畦,10月初播种冬小麦;次年麦收前后,套作或复种夏玉米。小区面积0.5亩,随机排列,二次重复。

在小麦、玉米生育过程中,分次在各小区采集土壤样品作理化分析,并记载作物生长发育情况及其产量。

本文着重研究了不同处理条件下,土壤腐殖质数量、品质及其与团聚体性状的关系。

二、结果和讨论

(一) 对土壤有机质含量变化的影响

绿肥、麦秸还田是提高土壤有机质含量的重要措施之一。连续5年施用不同种类有机肥料,对耕作层土壤有机质含量的影响是十分显著的(表1)。从有机质含量的统计学差异显著性测验表明,其中,第(5)处理绿肥、麦秸配合施用小区,与有机质含量变化的关

* 本文承蒙张乃凤教授审阅。山东省兖州县城关公社倪村大队韩立成同志参加了田间试验工作,部分土壤样品由本所土壤肥料测试中心朱海舟等同志协助分析测定,特此致谢。

表 1 绿肥、麦秸还田对耕作层土壤有机质总量的影响

Table 1 The effect of green-manure and wheat straw on content of organic matter in plough layer of soil

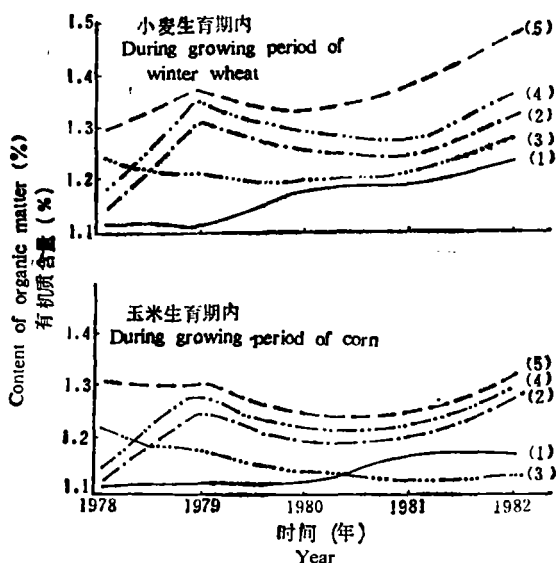
试 验 处 理 Treatment	1978 年	1979 年	1980 年	1981 年	1982 年
土壤有机质含量(%) Organic matter in soil					
(1) 对照区 Control	1.072	1.177	1.153	1.197	1.242
(2) 土杂肥区 Farm-manure	1.185	1.313	1.245	1.218	1.292
(3) 绿肥区 Green-manure	1.241	1.303	1.169	1.264	1.249
(4) 麦秸区 Wheat straw	1.174	1.329	1.255	1.246	1.317
(5) 绿肥、麦秸各半区 1/2 green-manure + 1/2 wheat straw	1.230	1.313	1.247	1.315	1.459

两个小区土壤有机质含量的统计学差异显著性

Significance of statistical differences between organic matter contents in two experimental plots

(3) 区 > (1) 区	0.169*	0.126*	0.016	0.067	0.007
(4) 区 > (1) 区	0.101	0.153*	0.122*	0.049	0.075
(2) 区 > (1) 区	0.113	0.137*	0.092*	0.021	0.049
(5) 区 > (1) 区	0.158	0.137*	0.094*	0.118*	0.217**
(5) 区 > (2) 区	0.045	—	0.002	0.096	0.168
(5) 区 > (3) 区	—	0.010	0.078	0.050	0.210
(5) 区 > (4) 区	0.057	—	—	0.068	0.142

注: * $P \leq 0.05$ ** $P \leq 0.01$; 每年在小麦、玉米不同生育过程中取土样测定次数分别为: 1978年4次, 1979年7次, 1980年5次, 1981年5次, 1982年6次的平均值。



(1) 对照区; (2) 土杂肥区; (3) 绿肥区; (4) 麦秸区; (5) 绿肥、麦秸各半区

图 1 土壤有机质含量的变化与施用有机肥料的关系

Fig. 1 Relationship between changes of organic matter content and application of organic manure

系最为显著,差异显著的频率最大为4年;与对照区相比,该小区内土壤有机质的年均增加量在0.118—0.217%之间;同培肥前相比,土壤有机质的增加量也达到显著性水准。同时,麦秸区的土壤有机质年均增加量在0.08—0.136%之间,居第二位。但在绿肥小区内,土壤有机质含量增加的幅度很小,可能与加入有机碳量较少,C/N比值较低,且易分解有关。五种处理土壤有机质含量的顺序是:(5)>(4)>(2)>(3)>(1)。由此可见,绿肥、麦秸各半配合施用对土壤有机质的积累有良好影响。

从图1可看出:同一年内在小麦生育过程中测定的土壤有机质含量比在玉米生育过程中的测定结果略高;有机质含量虽然逐年有变化,但同一处理之间,有机质含量变化的幅度较小,不同处理间则差异较大;施用不同有机肥料的所有处理中,有机质水平逐年变化的情形相似。

(二) 对土壤腐殖质组成和性质的影响

腐殖质是土壤有机质不断分解和合成过程中形成的一种比较稳定的物质。在本试验中,我们着重探讨了连续5年翻压绿肥、麦秸还田对土壤腐殖质品质的影响,结果列入表2、3、4中。

表2 连续5年绿肥、麦秸还田后对耕作层土壤腐殖质组成的影响

Table 2 The effect of turnover of green-manure and wheat straw for five years on humus composition in plough layer of soil

试验处理 Treatment	腐殖质含量 (%) Humus	占腐殖质含量的% % of total humus			胡敏酸 富里酸 HA/FA	胡敏酸 光密度 E _e
		松结态 Active	稳结态 Stable	紧结态 Insoluble		
(1) 对照区 Control	0.924	24.5	27.6	47.9	0.37	0.34
(2) 土杂肥区 Farm-manure	1.018	20.1	23.2	56.7	0.48	0.36
(3) 绿肥区 Green-manure	1.007	20.6	27.4	52.0	0.48	0.39
(4) 麦秸区 Wheat straw	1.007	23.4	26.3	50.3	0.62	0.42
(5) 绿肥、麦秸各半区 1/2 green-manure +1/2 wheat straw	1.044	18.9	30.3	50.8	0.59	0.40

注:腐殖质含量按丘林法测定。腐殖质组成用0.1N NaOH和0.1M Na₂P₂O₇液浸提法。提取液中加入1N H₂SO₄以分离胡敏酸和富里酸。各部分均以丘林法测定其腐殖质含量,以百分数表示。将胡敏酸溶于0.02N NaHCO₃中,调节碳含量为0.136毫克/毫升后,在721型分光光度计上测定其光密度。

从表2可看出,在不同的有机肥料小区内,土壤腐殖质的含量及其组成是有差别的。其中,松结态腐殖质,对照区比其它处理的均高;而紧结态腐殖质,对照区又比其它处理的都低;稳结态腐殖质则有高有低,不很规律。但是,从稳结和紧结合态的腐殖质总量来看,仍以绿肥、麦秸各半区为最高,麦秸区的较低,其顺序是:(5)>(2)>(3)>(4)>(1)。说明施入不同类型的有机肥料对改善土壤中腐殖质品质有一定作用。同时,胡敏酸/富里酸比

值,以麦秸区的为最高,绿肥区及土杂肥区较低,绿肥、麦秸各半区的居中;胡敏酸的光密度也有同样趋势。从表 3 可以看出,同一腐解条件下,不同有机肥料处理对土壤有机矿质复合体组成的影响也不尽相同。残留碳量较多的麦秸区及绿肥、麦秸各半区,其轻组(G_1)-碳所占的比重也较大,相反,残留碳量较少的绿肥区,其轻组(G_1)-碳所占的比重也较小。这说明不同有机肥料在同一腐解条件下,轻组中有机碳量的不同是影响重组中有

表 3 绿肥、麦秸还田对耕作层土壤复合体组成的影响 (1982 年)

Table 3 Effect of turnover of green-manure and wheat straw on composition of organo-mineral complex in plough layer of soil

试验处理 Treatment	有机矿质复合体组成(%) Composition of organo-mineral complex					
	G_1	G_2	$G_1 + G_2$	G_1/G_2	$G_1/(G_1+G_2)$	$G_2/(G_1+G_2)$
(1) 对照区 Control	0.174	0.546	0.721	0.32	0.24	0.76
(2) 土杂肥区 Farm-manure	0.159	0.591	0.749	0.27	0.21	0.79
(3) 绿肥区 Green-manure	0.140	0.584	0.725	0.24	0.19	0.81
(4) 麦秸区 Wheat straw	0.180	0.584	0.764	0.31	0.24	0.76
(5) 绿肥、麦秸各半区 1/2 green-manure + 1/2 wheat straw	0.241	0.606	0.847	0.40	0.28	0.72

注:复合体第 I 组(G_1)和第 II 组(G_2)的分离,用比重为 2 的杜列液超声 4 分钟分离(引用南京土壤研究所傅积平同志的方法),按丘林法测定其有机碳含量。

表 4 绿肥、麦秸还田对耕作层土壤的腐殖质氧化稳定及氮素有效率的影响 (1982 年)

Table 4 Effect of turnover of green-manure and wheat straw on oxidation stability of humus and efficiency of nitrogen in plough layer of soil

试验处理 Treatment	有机碳含量(%) Organic carbon		Kos	全氮量(%) Total nitrogen		氮素有效率* Efficiency of N
	易氧化的 Readily oxidizable	难氧化的 Difficultly oxidizable		全氮 Total N	碱解氮 (ppm) Hydrolyzable N	
(1) 对照区 Control	0.464	0.256	0.55	0.076	53.4	7.1
(2) 土杂肥区 Farm-manure	0.481	0.268	0.56	0.073	58.7	8.0
(3) 绿肥区 Green-manure	0.523	0.201	0.39	0.074	62.0	8.3
(4) 麦秸区 Wheat straw	0.527	0.237	0.45	0.075	63.0	8.4
(5) 绿肥麦秸各半区 1/2 green-manure + 1/2 wheat straw	0.593	0.254	0.43	0.070	69.3	9.9

* 氮素有效率 = 碱解 N ÷ 全氮量 × 100。

机碳各异的重要因素之一;与对照区相比,不同处理小区内重组(G_2)中有机碳量的差异也是很显著的。

表 4 资料说明,在不同处理小区内,腐殖质的氧化稳定性也是有变化的。一些研究者认为,氧化稳定性能可作为腐殖质的一项动态质量指标。就绿肥区而言,其土壤腐殖质的氧化稳定性显著低于其它各小区。 K_{os} 值愈小,则氧化稳定性愈低。这说明翻压绿肥后,土壤中的易氧化有机质数量是较多的。但翻压绿肥后,对原有土壤腐殖质氧化稳定性的所谓“激发效应”问题,尚待作进一步的研究。

总之,各种有机肥料改善腐殖质品质的趋势有一致性,但是不同处理之间的腐殖质类型可能并不相同。我们的研究表明,特别是豆科绿肥,是一种很容易分解的有机质,应当与禾本科秸秆配合施用,对土壤基本肥力的保持会更为有利。

(三) 对土壤团聚体性状的影响

从表 5 看出,五种处理各小区内 0.25 毫米以上水稳性团聚体的顺序为: (5)>(4)>(2)>(3)>(1); 钠稳定性团聚体的顺序为: (5)>(4)>(3)≥(2)>(1); 力稳定性团聚体的顺序为: (5)、(4)>(3)>(2)>(1)。可见各处理土壤结构性状虽不一致,但各级团聚体含量的变化趋势相近似。其中 0.25 毫米以上团聚体的数量和水稳性,仍以绿肥、麦秸各半区的为最优,麦秸区次之,绿肥区较差。

表 5 连续 5 年绿肥、麦秸还田后耕作层土壤的团聚体组成

Table 5 Effect of turnover of green-manure and wheat straw for 5 years on aggregate composition in plough layer of soil

试验处理 Treatment	团聚体类别 Aggregate type	团聚体组成(%) Aggregate composition						
		>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
(1) 对照区 Control	钠稳性 ⁽¹⁾	0.4	0.4	1.6	2.4	6.0	7.2	10.8
	力稳性 ⁽²⁾	0.1	0.8	0.9	0.3	1.8	1.8	3.9
	水稳性 ⁽³⁾	0.4	1.6	2.4	2.4	6.4	13.0	13.2
(2) 土杂肥区 Farm-manure	钠稳性	0.4	1.0	2.4	1.9	5.5	14.8	11.2
	力稳性	0.2	2.3	0.6	0.3	1.6	3.4	5.0
	水稳性	0.6	2.5	2.8	3.1	6.9	23.2	15.9
(3) 绿肥区 Green-manure	钠稳性	0.6	1.4	1.8	2.6	4.5	8.0	11.3
	力稳性	0.5	2.8	0.2	0.4	2.0	2.0	5.9
	水稳性	2.4	1.6	1.4	2.7	6.4	8.9	14.5
(4) 麦秸区 Wheat straw	钠稳性	0.9	1.3	1.6	3.4	6.0	20.2	13.2
	力稳性	0.4	1.6	0.2	0.3	4.0	2.9	6.5
	水稳性	0.8	1.8	1.9	2.9	10.0	9.0	17.4
(5) 绿肥、麦秸各半区 1/2 green-manure + 1/2 wheat straw	钠稳性	0.4	1.0	2.0	2.6	7.4	8.8	13.4
	力稳性	0.4	0.3	3.2	0.4	2.2	2.9	6.5
	水稳性	1.5	1.2	2.3	2.8	10.9	12.3	18.7

注: (1) 指以 NaCl 溶液脱钙处理后保存的团聚体; (2) 指以高速电动搅碎器(每分钟 10000 转)搅动 2 分钟后保存的团聚体; (3) 指在水中湿筛振动 10 分钟(每分钟上下振动 30 次)后保存的团聚体。

关于粒径大小不同的团聚体中,有机质含量的差异已散见于许多研究者的报告^[3-5,8]中。从表 6 看出,从小于 3 或 1 毫米到大于 0.25 毫米之间的团聚体中,有机质的含量一

表 6 各级团聚体中的复合体组成

Table 6 Composition of organo-mineral complex in various fractions of aggregates

试 验 处 理 Treatment	团聚体直径 mm Size of aggregate	有机矿质复合体组成(%) Composition of organo-mineral complex					
		G_1	G_2	$G_1 + G_2$	G_1/G_2	$G_1/(G_1 + G_2)$	$G_2/(G_1 + G_2)$
(1) 对照区 Control	>3	0.742	0.669	1.411	1.11	0.53	0.47
	3—2	0.729	0.578	1.307	1.26	0.56	0.44
	2—1	0.793	0.566	1.359	1.40	0.58	0.42
	1—0.5	0.417	0.566	0.983	0.74	0.42	0.58
	0.5—0.25	0.095	0.507	0.602	0.19	0.16	0.84
	0.25—0.1	0.283	0.501	0.784	0.56	0.36	0.64
	0.1 以下	0.217	0.488	0.705	0.44	0.31	0.69
	(2) 土杂肥区 Farm-manure	>3	0.948	1.025	1.973	0.92	0.51
3—2		1.604	0.932	2.536	1.72	0.63	0.37
2—1		0.884	0.617	1.501	1.43	0.59	0.41
1—0.5		0.631	0.566	1.197	1.11	0.53	0.47
0.5—0.25		0.262	0.527	0.789	0.50	0.33	0.67
0.25—0.1		0.156	0.566	0.722	0.28	0.22	0.78
0.1 以下		0.120	0.637	0.757	0.19	0.16	0.84
(3) 绿肥区 Green-manure		>3	1.802	0.676	2.478	2.67	0.73
	3—2	0.962	0.863	1.825	1.12	0.53	0.47
	2—1	0.637	0.611	1.248	1.04	0.51	0.49
	1—0.5	0.373	0.546	0.919	0.68	0.41	0.59
	0.5—0.25	0.122	0.533	0.655	0.23	0.19	0.81
	0.25—0.1	0.140	0.468	0.608	0.30	0.23	0.77
	0.1 以下	0.079	0.465	0.544	0.17	0.15	0.85
	(4) 麦秸区 Wheat straw	>3	0.898	0.701	1.599	1.28	0.56
3—2		0.314	0.611	0.925	0.51	0.34	0.66
2—1		0.341	0.533	0.874	0.64	0.39	0.61
1—0.5		0.172	0.546	0.718	0.32	0.24	0.76
0.5—0.25		0.062	0.540	0.602	0.11	0.10	0.90
0.25—0.1		0.114	0.520	0.634	0.22	0.18	0.82
0.1 以下		0.036	0.656	0.692	0.05	0.05	0.95
(5) 绿肥麦秸各半区 1/2 green-manure + 1/2 wheat straw		>3	1.373	0.941	2.314	1.46	0.59
	3—2	1.129	0.663	1.792	1.70	0.63	0.37
	2—1	0.625	0.650	1.275	0.96	0.49	0.51
	1—0.5	0.372	0.650	1.022	0.57	0.36	0.64
	0.5—0.25	0.147	0.591	0.738	0.25	0.20	0.80
	0.25—0.1	0.010	0.566	0.576	0.02	0.02	0.98
	0.1 以下	0.037	0.723	0.760	0.05	0.05	0.95

注: 各级水稳性团聚体的数量与复合体总量 ($G_1 + G_2$) 的相关系数及其显著性: (1) 区 $r = -0.855^*$, (2) 区 $r = -0.769^*$, (3) 区 $r = -0.689$, (4) 区 $r = -0.806^*$ (5) 区 $r = -0.855^*$.

表 7 各级水稳性团聚体和复合体 (G_2) 的氧化稳定性Table 7 The oxidation stability of complex (G_2) and various fractions of water-stable aggregates

试验处理 Treatment	团聚体直径 (mm) Size of aggregate	水稳性团聚体中 In water-stable aggregates			复合体 (G_2) 中 In organo-mineral complex		
		有机碳含量% Organic carbon		Kos	有机碳含量% Organic carbon		Kos
		易氧化的 Readily oxidizable	难氧化的 Difficultly oxidizable		易氧化的 Readily oxidizable	难氧化的 Difficultly oxidizable	
(1) 对照区 Control	>3	0.798	0.613	0.77	0.444	0.226	0.51
	3—2	0.684	0.623	0.91	0.336	0.251	0.75
	2—1	0.605	0.754	1.25	0.332	0.265	0.88
	1—0.5	0.539	0.447	0.83	0.332	0.294	0.89
	0.5—0.25	0.386	0.216	0.56	0.332	0.176	0.53
	0.25—0.1	0.326	0.458	1.41	0.299	0.202	0.67
	0.1 以下	0.466	0.240	0.52	0.369	0.119	0.32
	(2) 土杂肥区 Farm-manure	>3	1.004	0.969	0.97	0.559	0.466
3—2		1.337	1.200	0.90	0.531	0.401	0.76
2—1		0.829	0.672	0.81	0.336	0.281	0.84
1—0.5		0.599	0.599	1.00	0.327	0.238	0.73
0.5—0.25		0.439	0.350	0.80	0.325	0.202	0.62
0.25—0.1		0.412	0.310	0.75	0.332	0.234	0.71
0.1 以下		0.505	0.252	0.50	0.399	0.237	0.60
(3) 绿肥区 Green-manure		>3	0.758	1.622	2.14	0.406	0.269
	3—2	0.825	1.000	1.21	0.453	0.410	0.91
	2—1	0.712	0.537	0.76	0.318	0.292	0.92
	1—0.5	0.519	0.400	0.77	0.343	0.203	0.59
	0.5—0.25	0.439	0.216	0.49	0.306	0.227	0.74
	0.25—0.1	0.372	0.236	0.63	0.332	0.237	0.71
	0.1 以下	0.426	0.118	0.28	0.342	0.323	0.94
	(4) 麦秸区 Wheat straw	>3	1.170	0.429	0.37	0.455	0.246
3—2		0.505	0.420	0.83	0.343	0.267	0.78
2—1		0.452	0.421	0.93	0.331	0.203	0.61
1—0.5		0.519	0.200	0.39	0.321	0.243	0.76
0.5—0.25		0.392	0.209	0.53	0.332	0.262	0.79
0.25—0.1		0.353	0.282	0.80	0.306	0.214	0.70
0.1 以下		0.479	0.214	0.45	0.371	0.285	0.77
(5) 绿肥麦秸各半区 1/2 green manure + 1/2 wheat straw		>3	1.543	0.771	0.50	0.589	0.352
	3—2	0.944	0.848	0.90	0.404	0.259	0.64
	2—1	0.678	0.596	0.88	0.357	0.292	0.82
	1—0.5	0.572	0.450	0.79	0.357	0.275	0.73
	0.5—0.25	0.452	0.285	0.63	0.345	0.247	0.72
	0.25—0.1	0.346	0.230	0.67	0.311	0.255	0.82
	0.1 以下	0.545	0.214	0.39	0.468	0.307	0.65

表 8 绿肥、麦秸还田对作物产量的影响(单位:斤/亩)

Table 8 Effect of application of various organic fertilizer on crop yield

试验处理 Treatments	1978年	1979年	1980年	1981年	1982年	平均产量 Average yields	增减产% % of increased or decreased
冬小麦 Winter wheat							
(1) 对照区 Control	794	792	637	797	709	733.2	—
(2) 土杂肥区 Farm-manure	886	843	730	1019	777	851.0	16.1
(3) 绿肥区 Green-manure	910	872	773	912	807	854.8	16.6*
(4) 麦秸区 Wheat straw	922	830	780	1011	739	856.4	16.8
(5) 绿肥麦秸各半区 $\frac{1}{2}$ green manure + $\frac{1}{2}$ wheat straw	905	860	746	1044	847	880.4	20.1*
套作春、夏玉米 Corn							
(1) 对照区 Control	688	700	551	371	636	589.2	—
(2) 土杂肥区 Farm-manure	724	807	671	428	700	666.0	13.0
(3) 绿肥区 Green-manure	697	781	657	405	763	660.6	12.1
(4) 麦秸区 Wheat straw	686	774	652	450	674	647.2	9.8
(5) 绿肥麦秸各半区 $\frac{1}{2}$ green-manure + $\frac{1}{2}$ wheat straw	764	787	650	450	742	678.6	15.2
全年粮食总产量 Total yield							
(1) 对照区 Control	1482	1429	1188	1168	1345	1322.4	—
(2) 土杂肥区 Farm-manure	1610	1650	1401	1447	1477	1523.0	15.2*
(3) 绿肥区 Green-manure	1607	1653	1430	1317	1570	1515.4	14.6
(4) 麦秸区 Wheat straw	1608	1604	1432	1461	1413	1503.6	13.7*
(5) 绿肥麦秸各半区 $\frac{1}{2}$ green manure + $\frac{1}{2}$ wheat straw	1669	1647	1396	1494	1589	1559.0	17.9*

* $P \leq 0.05$.

一般是随着团聚体直径的增大而增加的。同时, <0.1 毫米的团聚体, 有机质的含量也有增多的趋势, 这可能与其中包含有较大数量粘粒的强大表面吸附有关。与此同时, 各级水稳性团聚体的复合体组成似有一比较明显的规律; 除个别粒级外, 一般是 G_1/G_2 比值随着团聚体直径的增大而逐渐增大, 团聚体愈大, 则 G_1/G_2 比值就愈大。至于 G_1 和 G_2 的含量, 在各级团聚体中的分布规律也较为一致, 这和团聚体中复合体总数 ($G_1 + G_2$) 的变化有关。 G_1 的相对含量是随着团聚体的增大而增加, 而 G_2 的相对含量则随着团聚体的增大而减少。当然, 从数据上看, 上述规律在各级团聚体中有个别反常现象, 这可能和土壤的不均一性有关。就各级团聚体数量与复合体总量 ($G_1 + G_2$) 之间的相关显著性来看, 也是以绿肥、麦秸各半区的较为显著。

前面已指出过, 氧化稳定性是腐殖质的一项属性。当考虑各级水稳性团聚体在土壤肥力中的作用时, 不但要注意它们的数量, 而且还要考虑它们的质量。表 7 中, 除个别粒级外, 不同处理小区内各级团聚体和复合体中易氧化、难氧化的有机碳含量, 均随着团聚体直径的增大而增加; 氧化稳定性变化的这种趋势是和复合体的变化相一致的。换言之, 凡二者的比值(即 K_{os} 值)较小者, 其氧化稳定性也较低, 反之, 则其氧化稳定性就较高。此外, 不同类型各级水稳性团聚体所占比重与团聚体及复合体 (G_2) 中易氧化、难氧化有机碳量均呈显著或极显著的负相关; 这一结果与前面复合体总量 ($G_1 + G_2$) 的变化趋势, 基本上也是相吻合的。

(四) 对作物产量的影响

在本定位试验中, 连续培肥 5 年分别种植冬小麦、玉米的年平均亩产结果五种不同处理小麦产量的顺序为: (5) > (4) > (3) > (2) > (1); 玉米产量的顺序为 (5) > (2) > (3) > (4) > (1), 全年粮食亩产量的顺序为: (5) > (2) > (3) > (4) > (1) (见表 8)。就粮食年均增产率而言, 以绿肥、麦秸各半区为最高, 土杂肥区次之, 单独施用绿肥区、麦秸区则较低。同时, 轮作中的产量结果还说明, 绿肥、麦秸各半配合施用优于二者单施。

另外, 根据全年作物产量与土壤有机质的回归关系的方差分析, 其直线回归方程为: $y = 0.465 + 0.0005x$ ($r = 0.939^{**}$), 这表明作物产量与土壤有机质含量两者之间呈极显著正相关。

显然, 不仅从增加当季及后茬作物的产量方面, 还是从提高腐殖质含量, 维护土壤结构性的角度来看, 豆科绿肥与禾本科秸秆配合施用, 其效果均比单施时为好。

参 考 文 献

- [1] 朱祖祥, 1963: 从绿肥的起爆效应探讨它的肥效机制及其在施用上的若干问题。浙江农业科学, 第 3 期, 104—109 页。
- [2] 林心雄、程励励、施书莲、文启孝, 1980: 绿肥和藁秆等在苏南地区土壤中的分解特征。土壤学报, 第 17 卷第 4 期, 319—327 页。
- [3] 袁可能、陈通权, 1981: 土壤有机矿质复合体研究 II. 土壤各级团聚体中有机矿质复合体的组成及其氧化稳定性。土壤学报, 第 18 卷 4 期, 335—344 页。
- [4] 熊毅, 1982: 有机无机复合与土壤肥力。土壤, 第 5 期, 161—167 页。
- [5] Egawa, T. and Sekiza, K., 1957: Studies on active humus and aggregate formation. *Soil and Plant Food*, 2: 75.

- [6] Allison, F. E., 1973: Soil organic matter and its role in production. 461—483, Amsterdam, London, New York.
- [7] Leenheer, L. DE., 1977: Importance of organic fertilization for crop production and soil properties on mechanized farms (Loam region of Belgium) IAEA. Vienna, V. I: 9—19.
- [8] Oberlander, H. E. and Roth, K., 1978: Transformation of ¹⁴C-labelled isotopes and radiation in soil organic matter studies IAEA. Vienna, 251—261.
- [9] Culley, J. L. B., 1981: Soil chemical properties and removal of nutrients by corn resulting from different rates and timing of liquid dairy manure applications. Canadian J. of Soil Sci. 61:35—46.
- [10] Доспехов, Б. А., 1978: действие систематического применения соломы на плодородие дерново-подзолистой почвы при разных системах ее обработки. Известия ТСХА, № 3, 25—33.

STUDIES ON EFFECT OF TURNOVER OF GREEN-MANURE AND WHEAT STRAW INTO SOIL ON SOIL FERTILITY

I. EFFECT OF GREEN-MANURE AND WHEAT STRAW ON CHARACTERISTICS OF AGGREGATES AND ORGANIC MATTER IN SOIL

Huang Bufan

(*Institute of Soil and Fertilizer, Chinese Academy of Agricultural Science*)

Summary

The effect of turnover of farm-manure, green-manure, wheat straw and mixed application of 1/2 green-manure and 1/2 wheat straw into soil on soil fertility in the rotation of winter wheat and corn in Shangdong Province was studied. Experiment showed that these manuring measures not only increased total amount of organic matter, but also improved its quality, and the stability of aggregates and nutrient condition in the soil.

For the aggregates in diameter from 0.25mm to 3.0 mm, the total content of organic matter increased with the increase in size of aggregates. The proportion of G₁ fraction of the complexes tended to increase, while the proportion of G₂ fraction tended to decrease with the increase in size of aggregates. The G₁/G₂ ratio was getting increased with the increase in size of aggregates.

The oxidation stability (Kos) of humus in aggregates of diameter ranging from 0.5—3 mm was higher than that in smaller aggregates.

The major effect of green-manure is to increase the supply of nitrogen and other nutrients, but is not to increase the content of organic matter efficiently.

The yield in plot 5 applied by 1/2 green-manure mixed with 1/2 wheat straw was much higher than that in plots applied by green-manure or wheat straw alone. The average yield of five years was 1559 jin/mu, and the highest yield was even up to 1669 jin/mu. The effect of mixed application of green-manure and wheat straw on the increase of yield is obviously.