

长期施用有机物料对红壤性水稻土的 物理性质的影响*

许绣云 姚贤良

刘克樱 黄德凯

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

(湖南省土壤肥料研究所)

摘 要

本文研究了施用有机物料(连续11年)对水稻土物理性质的影响。研究表明:有机—无机肥料配合施用,使土壤粗微团聚体(1-0.05mm)含量增加,土壤分散系数下降;随着有机物料施用年限的增加,高水势段特征曲线上各级持水量、土壤总孔隙度和通气孔隙度都有明显的提高,而土壤的破裂系数有明显的降低。这些对改善水稻后的旱作土壤物理环境十分有利。

关键词 有机物料; 红壤; 水稻土; 物理性质

大量施用有机物料是我国农业生产的优良传统。已有很多试验表明,在满足化学肥料的基础上合理施用有机肥料,其增产改土效益远优于单施化肥或单施有机肥。近年来随着环境污染和能源紧缺日趋严重及高产、高效优质农业的确立,农业废弃物等有机物料的重新利用又成为热点。据此,本文对长达11年的施用有机物料对土壤物理性质的影响进行总结,以了解红壤区推行持续性农业时有机物料的改土作用及其与年限的关系。

1 供试土样和试验处理

试验在湖南省望城县黄金乡进行。土壤为发育于第四纪红粘土的红壤性水稻土,肥力为中上等。试验前土壤有机质含量为35.5g/kg。其机械组成^①是:砂粒(1-0.05mm)5.2%;粉粒(0.05-0.001mm)78.5%;粘粒(<0.001mm)16.3%;物理性粘粒(<0.01mm)63.0%。

试验处理有无肥、PK、NP、NK、NPK、NPK加Ca、NK加猪粪、NP加稻草和NPK加稻草等9个处理。小区面积为67m²,重复3次。施肥量(kg/ha·Yr)是氮肥(尿素):纯N330;磷肥(过磷酸钙):P₂O₅180;钾肥(氯化钾):K₂O240;干稻草:5250;干猪粪:3946(1981-1985年的平均数)。种植方式为双季稻、冬闲。

试验于1981年早稻开始。1983年12月中旬晚稻茬口第1次采集;1985年10月下旬晚稻收割前第2次采样;第3次于1991年11月下旬晚稻茬口进行。无肥、NPK和NPK加稻草等3个处理分2层采原状土(环刀),其余处理耕层采扰动土。

2 测定方法

土壤机械组成用草酸钠分散后煮沸,用吸管法测定;土壤微团聚体组成以蒸馏水浸泡,

* 承蒙鲁如坤研究员大力支持,特此感谢。

^① 试验3年后的无肥土样。

振荡后,用吸管法测定;水分特征曲线用 100cm^3 装有原状土的环刀置石英砂—高岭土吸力平板仪测定;萎蔫含水量用压力膜仪测定;当量孔径用 $d(\text{mm})=3/h(\text{cm 水柱})$ 公式计算;土壤破裂系数用高 3cm、直径 2.7cm 的风干原状土柱由无侧限压力仪测定。

3 结果和讨论

3.1 土壤团聚状况

水田土壤在长期淹水和粘闭条件下,耕层中土壤多呈微团聚体或单粒,因此,土壤微团聚体状况,特别是粗微团聚体的数量是评价水稻土的重要指标之一⁽¹⁾。通过 3 次测定表明(表 1),试验进行 3 年后,有机肥配合化肥施用的 3 个土样,其中 2 个土样的粗微团聚体的含量较单施化肥的要多,1 个土样持平。5 年和 11 年的结果类似。朱红霞等人的研究也表明,土壤有机质已达 35.5g/kg 的情况下,施用有机物料仍能增加粗微团聚体的含量⁽²⁾。有机—无机复合作用所产生的微团聚体能调节土壤的水肥气热,使其有利于作物生长,如江苏南部肥力较高的黄泥土的粗微团聚体含量较僵板黄泥土多;福建和广东等地都有类似的研究结果⁽³⁻⁵⁾。从第 11 年的 NPK 与 NPK 加稻草两处理的粗微团聚体含量持平来看,似乎在土壤有机质含量达 35.5g/kg 情况下,长期施用均衡的化肥,对土壤结构没有不利的影响,这可能与长年稻根留茬有关。

表 1 供试土壤的粗微团聚体含量和分散系数(%)

处 理	1—0.05mm 微团聚体			分散系数		
	第 3 年	第 5 年	第 11 年	第 3 年	第 5 年	第 11 年
无肥	27.9	29.2	43.0	30.6	24.8	19.2
pK	26.4	30.0	40.9	27.9	23.9	22.0
NP	29.3	36.6	42.8	25.4	23.4	18.0
NK	27.8	34.4	41.3	32.3	27.2	24.4
NPK	28.2	31.3	45.3	25.4	22.8	16.8
NPKca	30.3	31.5	41.9	16.5	23.4	14.8
NK 猪粪	30.1	35.0	42.4	26.7	19.6	17.9
NP 稻草	29.2	42.5	46.1	21.7	15.8	13.3
NPK 稻草	30.6	42.1	45.2	21.7	16.3	15.4

表 1 还表明,有机物料还使土壤分散系数减小,除第 11 年 NPK 与 NPK 加稻草处理只相差 1.4 个百分点外,其余相差 3.7—8.1 个百分点,下降幅度都很大。第 11 年 NPK 与 NPK 加稻草处理的分散系数相差小,似乎进一步印证了均衡施用化肥,对土壤物理性质不利的影响也小。从表 1 也看到,施用 2 种化学肥料的 NP、NK 和 PK 等处理,3 次分析结果,粗微团聚体含量都是 $\text{NP} > \text{NK} > \text{PK}$; 土壤分散系数则是 $\text{NP} < \text{PK} < \text{NK}$, 因此,从土壤结构的角度来看,NP 优于其他两处理。国外报道磷肥能增加水稳性团聚体的含量^(6,7)。

3.2 土壤孔隙状况

施用有机物料使土壤的总孔隙度明显增加,但直至第 5 年,2—7cm 深的土壤中才达显著水准;亚耕层中虽有增加,但不显著。到第 11 年,上述差异还存在,但未达显著水准(图 1)。土壤的充气孔隙度,也在试验的 5 年后出现显著的差异(图 2)。表层 2—7cm 土壤,水

势在-1.5—10kPa 范围内, NPK 加稻草处理的充气孔隙显著的多于 NPK 和极显著的多于无肥处理。当水势大于-6kPa 时, NPK 加稻草处理的充气孔隙度达 13%, 其他两处理都在

10% 以下, 11 年时仍保持着显著或极显著的差异。至于亚耕层的土壤, 当施用有机物料的年限至 11 年时, 充气孔隙都有不同程度的提高, 但未达显著水准。有机物料还影响到土壤孔隙的分配, 使 2—7cm 土壤的 >0.2mm 的孔隙增加, 减少了 <0.005mm 孔隙(表 2)。亚耕层土壤的孔隙分布的变化不明显。上述孔隙的变化, 对改善稻田渗漏及稻作生长环境都是很重要的。而且稻板田的持水量高, 并有一定程度的粘闭, 因此改善通气状况, 对水稻后旱作极为有利。

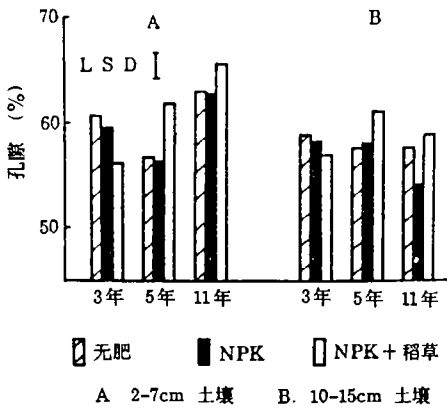


图 1 施用有机物料对土壤总孔隙度的影响

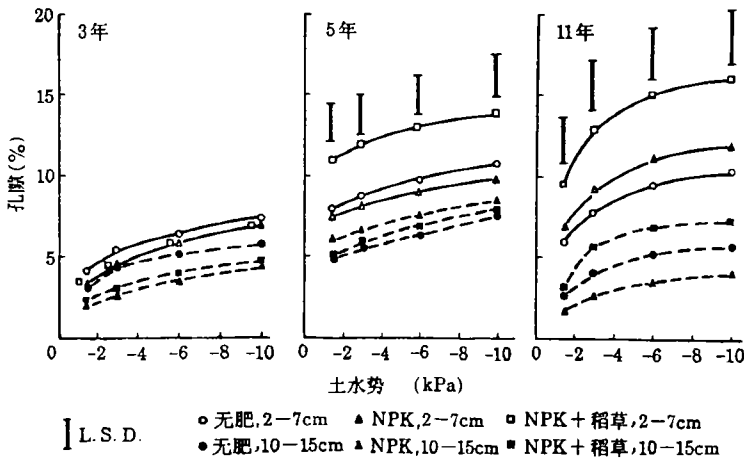


图 2 施用有机物料对充气孔隙度的影响

表 2 有机物料对土壤(2-7cm)当量孔隙度(%)分布的影响

处 理	>0.2mm			0.2-0.005mm			<0.005mm		
	3 年	5 年	11 年	3 年	5 年	11 年	3 年	5 年	11 年
无肥	2.6	7.8	5.9	7.9	8.4	11.0	48.7	42.4	40.0
NPK	3.4	7.5	6.9	8.3	6.9	11.3	48.0	44.0	43.7
NPK 加稻草	3.4	11.0	9.4	8.0	8.3	12.2	46.8	42.6	41.9
L. S. D	N.S.	2.3	2.8	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	2.9

3.3 土壤容重和破裂系数

施用有机物料降低表层土的容重亦是到试验第 5 年后才达显著水准。11 年后仍保持这种差异。对亚耕层, 虽然 5 年后亦降低了, 但未达显著水准(表 3)。

土壤破裂系数的变化如表 4。施用有机物料 5 年后有很大的下降。至 11 年时, 与其他

两个处理相比,达显著和极显著水准。亚耕层土壤的破裂系数 5 年后也有所降低,但未达显著水准。这些结果与太湖地区结果相似⁽⁸⁾。施 NPK 处理与无肥处理的差异也达极显著水准。似乎在土壤有机质达 35g/kg 后,均衡施用化肥对土壤结构的不利影响很小。土壤容重和破裂系数除影响耕作难易外,也影响作物根系的穿孔。疏松的土壤减少了植株能量的消耗,有利于产量的提高。

表 3 有机物料对土壤容重(g/cm³)的影响

处理	湿容重						干容重*					
	2-7cm			10-15cm			2-7cm			10-15cm		
	3 年	5 年	11 年	3 年	5 年	11 年	3 年	5 年	11 年	3 年	5 年	11 年
无肥	1.18	1.14	1.00	1.21	1.19	1.15	1.46	1.39	1.41	1.53	1.46	1.53
NPK	1.15	1.19	1.00	1.23	1.15	1.24	1.44	1.41	1.31	1.54	1.46	1.58
NPK+稻草	1.20	1.04	0.93	1.28	1.11	1.14	1.46	1.30	1.21	1.53	1.45	1.49
L.S.D.	N.S.	0.08	0.05	N.S	N.S	N.S.	N.S	N.S	0.10	N.S	N.S.	N.S

* 经 105℃ 烘干后的土壤体积来计算的。

表 4 有机物料对土壤破裂系数(kPa)的影响

处理	2-7cm			10-15cm		
	3 年	5 年	11 年	3 年	5 年	11 年
无肥	500	383	432	559	481	402
NPK	549	265	245	569	363	402
NPK+稻草	569	216	108	569	294	294
L.S.D.	N.S.	N.S.	121(169**)	N.S	N.S	N.S

3.4 土壤水状况

3.4.1 高水势段持水量 测试结果列于表 5。由表可见,试验进行 3 年后,施用稻草加 NPK 处理的 2-7cm 和 10-15cm 土壤中各级水势下的土壤含水量均比无肥、NPK 处理的低,似乎施用稻草对疏松土壤、降低土壤持水性能有一定的作用,但未达到显著水平。到试验 5 年后,却有相反的趋势,稻草加 NPK 处

表 5 有机物料对土壤持水量(%)的影响

处理	年限	2-7cm					10-15cm				
		-1.5	-6	-10	-30	-60 (kPa)	-1.5	-6	-10	-30	-60
无肥	3 年	48.2	46.3	45.5	43.7	40.6	46.4	45.2	44.0	42.6	41.0
NPK		49.1	46.9	45.9	43.8	41.8	45.8	44.6	43.9	42.5	40.8
NPK+稻草		46.0	44.0	43.0	41.0	39.3	42.5	41.3	40.7	38.9	37.5
L.S.D.		N.S.									
无肥	5 年	44.7	43.1	42.2	41.0	37.3	44.2	43.0	42.0	39.4	37.2
NPK		42.9	41.6	40.9	38.7	37.1	45.4	44.3	43.1	40.3	38.0
NPK+稻草		49.2	47.4	46.4	43.6	41.4	50.4	48.9	47.8	44.4	41.5
L.S.D.		3.6	3.4	3.2	3.6	2.3	5.3	4.7	4.2	3.5	2.9
无肥	11 年	57.4	53.7	52.8	49.5	46.1	48.4	46.3	45.8	43.7	41.2
NPK		54.5	50.3	49.3	46.5	43.6	43.8	42.3	41.9	40.4	38.7
NPK+稻草		58.0	52.0	50.9	47.9	44.4	49.5	46.7	46.2	44.4	42.2
L.S.D.		N.S.									

理的各级水势下的含水量又明显的高于其他两个处理,达显著或极显著的水准。试验 11 年后上述的差异消失。对第 11 年土样的重塑土柱的持水曲线测定表明:NP 加稻草和 NK 加猪粪较 NP 和 NK 处理,其持水量高 0.4-2.1 个百分点,NPK 加稻草较 NPK 处理少 0.6-1.0 个百分点。无论增减都很有限。看来,造成上述这种无明显规律性变化可能与不同年际的年

温、水文条件等不同有关，它们直接影响着有机物质的分解积累及其与土壤相互作用^[9]。而且，习惯上稻田耕作一般都采用粘闭措施，有时粘闭水化对特征曲线的影响可能比施用有机物料的影响还大。所以，水田粘闭可能会掩盖有机物料对水稻土的改土作用^[10]。

3.4.2 土壤有效水 有机物料处理的土壤，其萎蔫含水量(相当-1.5kPa 水势)和田间持水量(相当-30kPa 水势)也是有增有减(表 6)，但其量也只有一个百分点上下，因此，有效水含量也相差很少。若以原状土的田间持水量来计算，加稻草使有效水增加了 4.1 个百分点，是相当可观的。高水势时的持水量主要受土壤结构和孔隙的影响，重塑土的孔隙状况不同于原状土，所以持水量也不一样，其中以原状土的测定结果较接近田间状况。

表 6 有机物料对土壤有效水(%)的影响

处理	萎蔫含水量(%)	田间持水量(%)		有效水(%)	
		重塑土	原状土	重塑土	原状土
NP	22.0	35.8	—	13.8	—
NP+稻草	21.7	36.2	—	14.5	—
NK	22.5	35.7	—	13.2	—
NK+猪粪	23.1	36.4	—	13.3	—
NPK	23.2	36.2	43.5	13.0	20.3
NPK+稻草	21.8	35.2	46.2	13.4	24.4

纵观上述，有机物料对红壤性水稻土物理性质的影响有一个过程，它随施用年限而异。而且它的实际作用还受气候因素、土壤的水文条件、土壤本身的性质和耕作措施等的影响。就本试验可见，有机物料改善土壤物理性质的作用，经 5 年才达到统计差异显著。因此，在推行持续农业，强调施用有机肥的改土和节能作用时，1—2 年的试验，有时效果不明显。

4 结 论

- (1)施用有机物料对土壤物理性质的影响是一个过程，一般说随着施用年限的增长，其作用会愈加明显，但它的作用还受其他因素的影响。
- (2)施用有机物料至第 5 年，高水势段的持水量、总孔隙度、通气孔隙度和粗微团聚体等都有明显的提高，而土壤破裂系数则明显下降，且多达显著水平。
- (3)在本试验条件下，施用有机物料改良土壤物理性质的作用，主要在表层土；亚耕层虽也有改善作用，但统计差异不显。

参 考 文 献

[1] 姚贤良等，赣中丘陵地区红壤性水稻土的结构状况及其肥力意义，土壤学报，1962，10(3):267—288。
[2] 朱红霞等，有机物料在稻作制中的物理作用，土壤学报，1993,30(2):137—145。
[3] 中国科学院南京土壤研究所主编，中国土壤，科学出版社，1978,258。
[4] 朱鹤健等，福建省高产水稻土肥力特性研究，土壤通报，1980,(4):1—4。
[5] 钟葵云，珠江三角洲几种水稻土的结构特征及其与肥力的关系，土壤，1984，16(6):209—213。
[6] Biswas, T.D. et al., J. Indian Agric., 1967, 37:322。
[7] Prasad, B. et al., J. Indian Soc. Soil Sci., 1980, 28:465—486。
[8] 姚贤良等，高产水稻土结构特性的初步研究，土壤学报，1978，15(1):1—1。
[9] Biswas, T.D. et al., J. Indian Soc. Soil Sci., 1971, 19:31—37。
[10] Rixon, A.J. et al., Soil and Tillage Research, 1991, 20:101—108。