

唐玉邦, 虞利俊, 裴 勤, 等. 丘陵土壤施用有机复合保水树脂后的物理性状变化[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(9): 476–478.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.09.133

丘陵土壤施用有机复合保水树脂后的物理性状变化

唐玉邦¹, 虞利俊¹, 裴 勤¹, 徐 磊¹, 罗 佳², 范如芹², 王东升³

(1. 江苏省农业科学院农业设施与装备研究所, 江苏南京 210014; 2. 江苏省农业科学院资源与环境研究所, 江苏南京 210014;
3. 南京市蔬菜研究所, 江苏南京 210042)

摘要:以江苏省丘陵荒地土壤为对象, 利用农业养殖废弃物发酵熟化的有机肥与保水树脂类材料进行复配, 研究施用后对土壤理化性状的影响并进行相关分析, 以期降低丘陵坡地雨季地表径流造成的肥水损失、增加土壤蓄水能力、改善土壤物理性状提供科学数据。通过测定试验土壤的紧实度、总孔隙度和通气孔隙度等物理指标, 分析供试土壤这些物理指标的变化趋势, 明确有机复合保水树脂的施用对改善土壤物理状况的作用。研究结果显示, 有机复合保水树脂不同配合比例对丘陵土壤的物料性状有着不同的影响, 土壤孔隙度随保水树脂用量的增加而增加, 对照组的土壤总孔隙度从 S_0 处理的 43.47% 升至 $S_{0.6}$ 处理的 61.68%; 土壤容重可从 S_0 处理的 1.40 g/cm^3 降至 $S_{0.6}$ 处理的 0.96 g/cm^3 , 配合施用可减少这种差异使土壤物理性状趋于稳定; 土壤紧实度稳定在 $20 \sim 30 \text{ kg/cm}^2$ 之间。得出结论: 保水剂和有机物料配合施用可改善丘陵荒地土壤的物理性状, 可参照趋势变化走势, 结合土壤肥力、作物种类、灌溉条件控制有机物料的用量比例, 以满足作物生长对水肥的需求。

关键词:有机复合树脂; 土壤紧实度; 土壤容重; 孔隙度; 丘陵土壤

中图分类号: S157 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)09-0476-03

江苏省丘陵坡地分布广泛, 除泰州、南通和盐城外, 全省其他市都有丘陵山区, 地势落差大, 土壤结构及其透水性、保水性差, 土薄缺水, 植被覆盖率低^[1-2]。雨季降水绝大部分因径流等流失或被蒸发, 渗入到土壤中的水分很少, 植物可利用的就更有限了^[3]。雨后在阳光辐射作用下, 表土很快呈现干旱现象, 对植物的生长发育极为不利。因此, 丘陵地区荒地坡地的生态问题首先是要控制水土流失, 增加雨水入渗率, 提高土壤肥力和改善土壤理化结构等。

目前, 国内关于利用保水剂改善土壤水分状况的报道多集中在沙质土壤, 在农田抗旱保水、作物保苗增产等方面展现出广阔的发展前景^[4-7]。另有报道指出, 吸水材料在保水保肥的同时改善土壤内部结构, 增加团粒数, 降低沙质土壤雨后板结度, 提高透气性能^[8]。然而目前就江苏地区丘陵坡地黄棕壤利用吸水保水材料改善土壤物理状况的报道较少。

本研究综合考虑丘陵坡地肥水流失的因素, 利用农用废弃物为主的有机物料与淀粉基丙烯酸系吸水材料复配, 根据荒地环境条件和土壤肥力情况, 采用深耕混合实现土肥交融, 跟踪测定土壤紧实度、总孔隙度和通气孔隙度等物理指标, 分析供试土壤中以上各物理指标的变化趋势, 以期明确有机复合保水树脂的施用对改善土壤物理状况的作用, 为综合改良丘陵荒地土壤理化性状提供数据支持, 达到提高作物产量的目的。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试土壤取自江苏省南京市周边丘陵荒地, 土壤自然风干去除石子、根茎等杂物后过筛备用。土壤基本理化性状: 总氮含量 661.76 mg/kg , 总磷含量 227.33 mg/kg , 速效氮含量 85.87 mg/kg , 速效磷含量 5.97 mg/kg , 速效钾含量 22.5 mg/kg , 有机质含量 8.59 g/kg , 容重 1.40 mg/kg 。试验用保水材料为江苏省农业科学院自主合成的淀粉基丙烯酸系高吸水树脂(SAP), 粒度 $30 \sim 40$ 目, 对去离子水及几种溶液的吸水倍率(质量分数, g/g)见表 1。

收稿日期: 2016-06-03

基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(14)2099]。

作者简介: 唐玉邦(1959—), 男, 上海人, 研究员, 从事设施种植环境监控研发工作。E-mail: tangyubang_007@sina.com。

lignocellulosic anion exchangers from agricultural waste materials [J]. *Bioresource Technology*, 2002, 83(3): 195–198.

[14] Ding Y, Jing D B, Gong H L, et al. Biosorption of aquatic cadmium(II) by unmodified rice straw[J]. *Bioresource Technology*, 2012, 114: 20–25.

[15] Jacques R A, Lima E C, Dias S L P, et al. Yellow passion-fruit shell as biosorbent to remove Cr(III) and Pb(II) from aqueous solution[J]. *Separation and Purification Technology*, 2007, 57(1): 193–198.

[16] 张继义, 梁丽萍, 蒲丽君, 等. 小麦秸秆对 Cr(VI) 的吸附特性及

动力、热力学分析[J]. *环境科学研究*, 2010, 23(12): 1546–1552.

[17] 李荣华, 张增强, 孟昭福, 等. 玉米秸秆对 Cr(VI) 的生物吸附及热力学特征研究[J]. *环境科学学报*, 2009, 29(7): 1434–1441.

[18] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 346–349.

[19] 陈育翔. 二苯碳酰二肼分光光度法测定电镀废水中六价铬的改进研究[J]. *化学工程与装备*, 2008(6): 109–111.

[20] 余先纯, 孙德林. 响应面法优化固体酸水解玉米秸秆制备乙酰丙酸的研究[J]. *湖北农业科学*, 2010, 49(10): 2517–2520.

表 1 吸水树脂对几种溶液的吸收倍率

溶液类别	电导率 (mS/cm)	吸水倍率 (g/g)
去离子水	16.29×10^{-3}	484.5
土壤提取液	49.50×10^{-3}	447.7
有机物提取液 1	2.19	123.8
有机物提取液 2	3.54	103.3
有机物提取液 3	5.68	87.0
0.9% NaCl 溶液	13.63	57.6

试验用有机物料为江苏省农业科学院六合动物试验基地农用废弃物经堆置发酵而成。基本理化性状: 容重 0.65 g/cm^3 , 总孔隙度 39.33%, 通气孔隙度 13.33%, pH 值 7.5, 电导率 6.19 mS/cm , 最大持水量 33.91%, 有机质 27.55%。

1.2 试验处理

(1) 吸水树脂添加量分别为土壤质量的 0、0.1%、0.2%、0.4%、0.6%, 分别以 S_0 、 $S_{0.1}$ 、 $S_{0.2}$ 、 $S_{0.4}$ 、 $S_{0.6}$ 表示。

(2) 有机物料的添加量分别为土壤质量的 0、2.5%、5.0%、10.0%, 分别以 F_0 、 $F_{2.5}$ 、 $F_{5.0}$ 、 $F_{10.0}$ 表示。设 3 次重复。

1.3 试验方法

1.3.1 土壤容重和孔隙度测试与分析 在上述处理的试验盆钵中采用环刀取样的测试方法测定土壤容重及孔隙度等。操作步骤如下: 将环刀、环刀下盖和内衬尼龙布(或滤纸)称质量(m_0); 用环刀采集供试土壤称质量(m_1); 将有土样的环刀放入有蒸馏水的托盘中浸泡(黏土 8~12 h, 沙土 4~8 h)称质量(m_2); 将 m_2 取出自然排水 3 h, 称质量(m_3); 将 m_3 在 65°C 烘箱中烘至恒质量, 称质量(m_4)。相关公式:

$$\text{容重} = (m_4 - m_0) / 100 \text{ (g/cm}^3\text{)};$$

$$\text{总孔隙度} = (m_2 - m_4) / 100 \times 100\%。$$

1.3.2 土壤紧实度及含水量测试 按上述试验处理要求称取规定量保水材料、有机物料, 与 5 000 g 风干土壤均匀混合, 放入底部有孔的试验盆中, 将盆钵放入已注入水的水槽内自然吸水 24 h(水面不可高于盆钵边缘及土面), 取出后将盆钵架起进行自然风干, 测定土壤紧实度。

用烘干法测定风干土壤含水量。

土壤紧实度采用杭州大吉光电仪器有限公司生产的 TJSD-750 型土壤紧实度仪测定。

2 结果与讨论

2.1 不同处理对丘陵荒地土壤孔隙度及容重的影响

供试土壤采自江苏省南京市横溪丘陵荒地黄棕壤, 坡度介于 $20^\circ \sim 30^\circ$, 质地黏, 透气透水性差。雨季表面径流严重, 土壤真正吸收的水分很少。因此, 设计保水剂与有机物料配合施用, 从改善土壤板结状况角度出发, 测定土壤孔隙度、容重及紧实度, 分析复合有机保水物料对改善土壤板结的效果及变化趋势。

从图 1 的 F_0 组可以看出, 土壤总孔隙度随着保水树脂的用量的增加逐步升高, 从对照组 S_0 时的 43.47% 升至 $S_{0.6}$ 时的 61.68%, $S_{0.6}$ 处理明显高于其他 3 个处理, S_0 、 $S_{0.1}$ 、 $S_{0.2}$ 、 $S_{0.4}$ 之间没有明显差异。说明土壤在脱水过程中吸水树脂逐步收缩产生了空隙。随着有机物料施用量的增加, $S_{0.6}$ 处理的土壤总孔隙度有下降的趋势, 从 61.68% 逐渐降至 52.43%。从图

1 的 S_0 处理可以看出, 当土壤不施用保水材料仅仅施用有机物料也能增加土壤的总孔隙度, 从 F_0 处理的 43.47% 到 $F_{5.0} \sim F_{10.0}$ 处理的 49% 左右, 这和有机物料的物理特性有关。从改善丘陵坡地土壤板结的情况出发, 参照图 2 土壤总孔隙度的变化趋势, 可根据田间土壤状况调整保水材料和有机物料的用量比例, 满足作物生长对土壤的要求。

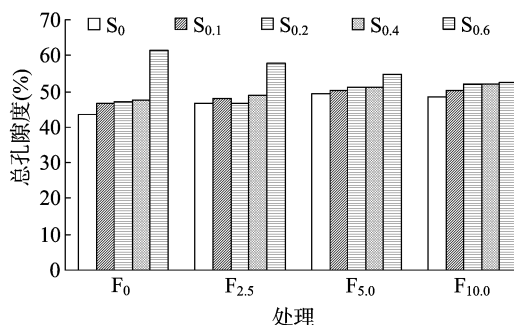


图1 有机复合树脂对处理土壤总孔隙度的影响

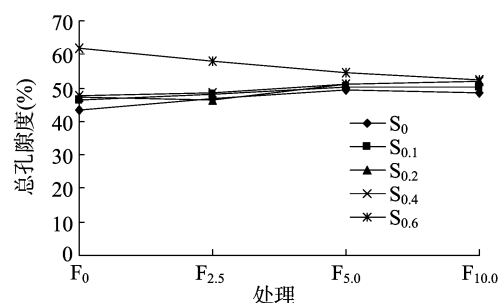


图2 土壤总孔隙度变化趋势

由于土壤孔隙度的改变进而使土壤容重发生了变化, 从图 3 可以看出, 不施用有机肥的情况下 (F_0) 土壤容重随吸水材料用量的增加而下降, 从 S_0 处理的 1.40 g/cm^3 降至 $S_{0.6}$ 处理的 0.96 g/cm^3 , 随着有机物料使用量的增加吸水材料对容重的作用逐步减少(图 4 $S_{0.6}$ 趋势线), 这可能是因为有机物料中离子浓度的增加减弱了吸水树脂的吸水能力(见表 2 吸水树脂对几种溶液的吸收倍率), 这与官辛玲等之前的研究类似, 即离子强度、保水剂聚合物类型以及粒径是影响保水剂吸水率的关键因素^[9]。这使土壤在脱水后产生的孔隙变少, 进而影响土壤容重的改变。经方差分析在 $S_{0.6}$ 处理中, F_0 与 $F_{5.0}$ 、 $F_{10.0}$ 处理均有显著差异(见表 2 各处理土壤容重方差分析), 有机物料与树脂有交互作用, $P=0.008$ 。

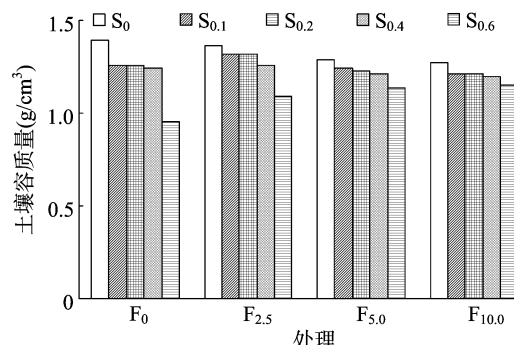


图3 施用有机复合树脂对土壤容重的影响

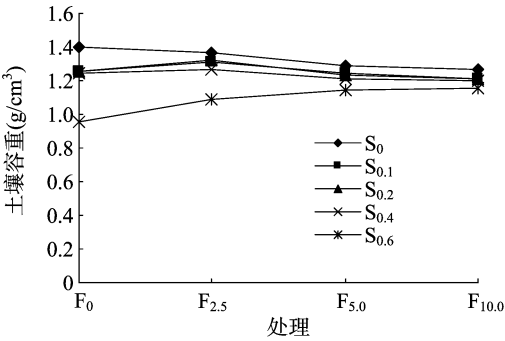


图4 土壤容重变化趋势

表 2 各处理土壤容重方差分析结果

处理	土壤容重 (g/cm³)			
	F ₀	F _{2.5}	F _{5.0}	F _{10.0}
S ₀	1.401 3 α	1.362 0 α	1.287 8	1.268 8
S _{0.1}	1.258 3 β	1.314 3 α	1.242 3	1.208 7
S _{0.2}	1.260 9 β	1.318 7 α	1.230 2	1.208 9
S _{0.4}	1.241 5 β	1.261 3 α	1.215 5	1.203 7
S _{0.6}	0.958 9b γ	1.083 9ab β	1.142 8a	1.154 4a

注:同行不同小写字母表示某一树脂添加水平下各 F 处理之间在 0.05 水平上有显著差异;同列不同小写希腊字母之间表示同一 F 处理下不同 S 处理之间在 0.05 水平上有显著差异。

2.2 不同处理对丘陵荒地土壤紧实度的影响

不施用有机肥(F₀)的情况下保水剂的使用可降低土壤的紧实度,随着用量的增加土壤紧实度有进一步下降的趋势。土壤紧实度从对照组的 65.17 kg/cm² 降至吸水树脂用量 0.6% 时的 3.17 kg/cm² (图 5),这可能是由于土壤在脱水过程中吸水树脂逐步收缩产生空隙。从图 1 可以看出,对照组的土壤总孔隙度从 S₀ 时的 43.47% 升至 S_{0.6} 时的 61.68%。

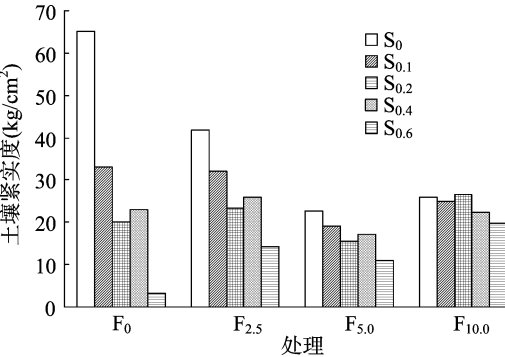


图5 有机复合树脂对土壤紧实度的影响

有机物料的添加在丘陵荒地土壤紧实度调节上有着双重作用,一方面仅仅施用有机物料可以改善土壤板结的状况,如图 6 的 S₀ 曲线走势所示,添加 5.0% 及以上有机物料可使对照组土壤的紧实度从 65.2% 降至 22.6% 左右,可显著改善丘陵坡地的土壤板结程度(见表 3 各处理间土壤紧实度显著性分析)。另一方面,适量添加有机物料可避免单独施用保水材料可能造成的土壤过度松散(如单独施用保水材料量为 0.6%)。而适量添加有机物料对 S_{0.1} ~ S_{0.4} 处理的土壤紧实度改变不大,经分析没有达到显著性差异。配合施用可使土壤紧实度稳定在 20 ~ 30 kg/cm² 之间。

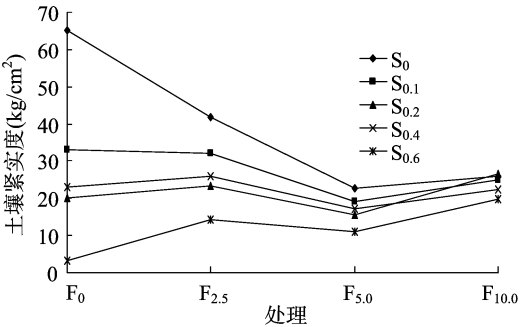


图6 土壤紧实度变化趋势

表 3 各处理间土壤紧实度显著性分析

处理	土壤紧密度 (kg/cm²)				
	S ₀	S _{0.1}	S _{0.2}	S _{0.4}	S _{0.6}
F ₀	65.2aA	33.0aB	20.0aBC	23.2aBCD	3.17aD
F _{2.5}	41.8cA	31.9aAB	23.2aAB	26.0AaB	14.40aB
F _{5.0}	22.6cA	19.2aA	15.4Aa	17.2aA	11.00aA
F _{10.0}	25.9cA	25.0aA	26.4Aa	22.3aA	19.90aA

注:同列不同小写字母表示同一树脂处理下,各有机物料之间没有显著差异;同行不同大写字母表示同一有机物料处理下,各树脂处理间有极显著差异(P < 0.01)。

3 结论

通过多因子复配试验得出:有机复合保水树脂不同配合比例对丘陵土壤的物料性状有着不同的影响,土壤孔隙度随保水树脂用量的增加而增加,处理从对照组的土壤总孔隙度 S₀ 处理的 43.47% 升至 S_{0.6} 处理的 61.68%。由于土壤总孔隙度的改变进而影响土壤容重和土壤紧实度的改变,土壤容重可从 S₀ 处理的 1.40% 降至 S_{0.6} 时的 0.96%,在一定配比范围达到显著性差异。配合施用可减少这种差异使土壤物理性状趋于稳定,土壤紧实度稳定在 20 ~ 30 kg/cm² 之间。根据各处理土壤物理性状变化,参照趋势变化走势,调整有机物料的用量比例,结合灌溉条件调整配比满足作物生长需求。

参考文献:

[1] 樊磊,宋力沁. 江苏省丘陵山区农业综合开发的现状评价与对策[J]. 江苏农业科学,2009(6):469-473.
[2] 孙洪武,齐博,常有宏. 江苏省丘陵山区农业综合开发中主导产业选择的分析[J]. 江西农业学报,2009,21(4):162-164.
[3] 储东涛,卢名辉. 江苏丘陵山区资源综合开发基本思路探讨[J]. 江苏大学学报:社会科学版,2008,10(3):84-88.
[4] 李杨,王百田. 高吸水性树脂对沙质土壤物理性质和玉米生长的影响[J]. 农业机械学报,2012,43(1):76-82.
[5] 朱琳,裴宗平. 4 种保水剂吸水性和保水性能的差异性研究[J]. 中国无机分析化学,2012,2(2):69-74.
[6] 吉林,孟庆俊. 干旱矿区耕地保水剂的筛选[J]. 江苏农业科学,2014,42(1):343-346.
[7] 高文瑞,李德翠,徐刚,等. 保水剂及肥水施用量对冬春反季节设施辣椒生长的影响[J]. 江苏农业学报,2014,30(6):1434-1441.
[8] 廖人宽,杨培岭,任树梅. 高吸水树脂保水剂提高肥效及减少农业面源污染[J]. 农业工程学报,2012,28(17):1-10.
[9] 辛玲,刘作新,尹光华,等. 土壤保水剂与氮肥的互作效应研究[J]. 农业工程学报,2008,24(1):50-54.