

水旱轮作地区土壤长期休闲与耕种的肥力效应*

高亚军 朱培立 黄东迈 王志明

李生秀

(江苏省农业科学院土壤肥料研究所 南京 210014) (西北农林科技大学资源与环境科学系 杨陵 712100)

摘要 长期定位试验水旱轮作地区土壤长期休闲和耕种对土壤肥力的影响研究结果表明,长期休闲土壤有机质、全N含量显著高于连续种植作物的土壤,其差异随土壤深度的增加而减小;休闲地15cm以上土层土壤N素矿化势高于耕种地;耕种土壤连续施入猪粪、作物秸秆等有机肥可保持与休闲土壤相当或远高于休闲土壤的有效磷水平,单施化肥或不施肥料的耕种土壤有效磷均低于休闲土壤;休闲和耕种对15~30cm土层土壤缓效钾含量无影响,15cm以上土层土壤缓效钾含量休闲高于耕种;休闲土壤速效钾含量在整个耕作层(30cm)均高于耕种土壤;休闲土壤pH值略低于耕种土壤。

关键词 水旱轮作 休闲与耕种 肥力效应

Effect of long-term fallow and cultivation on soil fertility in rice-based cropping system. GAO Ya-Jun, ZHU Pei-Li, HUANG Dong-Mai, WANG Zhi-Ming (Soil and Fertilizer Institute, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014), LI Sheng-Xiu (Department of Resources and Environmental Sciences, Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100), *CJEA*, 2001, 9(3): 67~69

Abstract A long-term field experiment was conducted to investigate the effect of fallow and cultivation on soil fertility in rice-based cropping system. The results showed that organic matter and total nitrogen content in fallowed soil were significantly higher compared to cropped soils. The difference decreased with the soil depth. Potentially mineralizable N in the upper 15cm of fallowed soil was greater than that of cropped soils. Cropped soils which were continuously applies to pig manure, crop straw or other organic fertilizers had equivalent or much more available P in comparison to fallowed soil, while cropped soils without any fertilizers or with only mineral fertilizers had much less available P than fallowed soil. No differences between fallow and cultivation were observed in non-exchangeable K content in the depth from 15 to 30cm of soils. Fallowed soil had more non-exchangeable K in the top 15cm of soil compared to cultivated soils. Exchangeable K content of fallowed soil in the whole plow layer was higher than that of cultivated soils. A slight lower pH was found in fallowed soil in comparison to cropped soils.

Key words Rice-based cropping system, Fallow and cultivation, Effect of fertilizer

人们很早就发现,天然草地或经过多年休闲草地的土壤一旦被开垦耕种,其肥力迅速下降,土壤物理性状也明显变差,而耕种多年的土壤休闲(有植被)一段时间后肥力则有一定的恢复^[2]。不同农业气候带、不同农作制度下长期休闲会产生哪些不同的效果呢?本研究通过长期定位试验探讨了水旱轮作地区土壤长期休闲与耕种对土壤肥力的影响。

1 试验材料与方法

试验在张家港市江苏省农业科学院长期定位试验场进行,设长期休闲和免耕种植作物2个处理,后者包括不施任何肥料(CK)、单施化肥(I)、猪粪与化肥配施(II)、秸秆与化肥配施(III)4种培肥方式。免耕种植是指作物播前不耕翻土壤,肥料表施。休闲小区常年不施肥料,也不种作物,保持天然杂草植被。I处理小区12年总施肥量为 $N4856\text{kg}/\text{hm}^2$, $P_2O_51500\text{kg}/\text{hm}^2$, $K_2O3645\text{kg}/\text{hm}^2$; II处理小区为 $N5241\text{kg}/\text{hm}^2$, $P_2O_54649\text{kg}/\text{hm}^2$, $K_2O5177\text{kg}/\text{hm}^2$; III处理小区为 $N4607\text{kg}/\text{hm}^2$, $P_2O_51875\text{kg}/\text{hm}^2$, $K_2O4589\text{kg}/\text{hm}^2$ 。其中猪粪提供的养分分别为 $N1777\text{kg}/\text{hm}^2$, $P_2O_53161\text{kg}/\text{hm}^2$, $K_2O1532\text{kg}/\text{hm}^2$; 秸秆提供的养分分别为 $N557\text{kg}/\text{hm}^2$, $P_2O_5244\text{kg}/\text{hm}^2$, $K_2O941\text{kg}/\text{hm}^2$ 。试验前0~15cm土壤耕层有机质含量为19.7g/kg,全N1.28g/kg, $P_2O_520.8\text{mg}/\text{kg}$,非交换性钾(K)422mg/kg,交换性钾(K)58mg/kg, pH为8.09。试验始于1983年

* 国家自然科学基金重点项目(39430090)和国家自然科学基金项目(33880537)资助

收稿日期:2000-01-24 改回日期:2000-03-06

6月,共种植13季水稻、12季小麦。每季小麦秸秆与猪粪施用量分别为 $5550\text{kg}/\text{hm}^2$ 和 $2265\text{kg}/\text{hm}^2$;每季水稻秸秆与猪粪施用量分别为 $3480\text{kg}/\text{hm}^2$ 和 $2250\text{kg}/\text{hm}^2$ 。于1995年10月水稻收获后试验结束,每处理多点取土并混合均匀,按0~5cm土层、5~15cm土层和15~30cm土层3个层次分别取土样并风干磨细过筛后备用。土壤有机质用重铬酸钾容量法测定,土壤全N用开氏法测定,土壤可矿化氮用淹水密闭培养法测定,土壤速效磷用钼锑抗比色法测定,土壤非交换性钾和交换性钾用火焰光度法测定,土壤pH值用玻璃电极法测定(土:水为1:2.5)。

2 结果与讨论

土壤有机质分析,表1表明长期休闲的土壤显著高于连续种植作物的土壤有机质含量,尤其是0~5cm表层土壤,耕种土壤的有机质含量仅占休闲土壤的1/2,即使连续施入大量有机肥,其有机质含量也仅为休闲土壤的60%。随着土壤深度的增加,耕种土壤与休闲土壤有机质含量的差异逐渐减小。长期耕种土壤CK和I处理的有机质含量无明显差异,I、II处理的有机质含量高于CK和I处理,土壤耕种的同时不断补充有机肥有助于减缓土壤有机质库的耗竭;休闲的杂草地表层和下层土壤均远高于种植作物的土壤有机质含

表1 休闲土壤与免耕种植作物土壤有机质、全N及可矿化氮含量

Tab. 1 Soil organic matter, total N and mineralizable N content of fallow soils and no-till cultivated soils

项 目 Items	土层/cm Soil depth	休闲土壤 Fallow soils	CK	免耕种植作物土壤处理 I	II	No-till cultivated soils III	平 均 Average
有机质含量/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ Soil organic matter content	0~5 5~15 15~30	55.70 28.30 13.10	23.80 16.90 10.00	25.70 15.20 10.90	30.20 19.10 9.10	33.10 19.60 9.10	28.20 17.70 9.80
全N含量/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ Soil total N content	0~5 5~15 15~30	2.89 1.61 0.85	1.48 1.12 0.73	1.61 1.03 0.75	1.83 1.23 0.61	2.02 1.30 0.62	1.74 1.17 0.68
可矿化氮含量/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Soil mineralizable N content	0~5 5~15	217.40 61.60	58.00 21.40	89.10 12.80	126.50 52.80	130.40 18.50	101.00 26.40

量,这与休闲地块中有机物投入量大有关^[1]。土壤N素分析,休闲地0~5cm土层土壤全N含量达 $28.9\text{g}/\text{kg}$,这可能是该水旱轮作地区农田长期休闲后土壤全N达到最高值(见表1),在土壤N库中潜在可矿化氮(No)更能表征土壤的供N能力,耕种土壤表层的No平均只占休闲土壤的46.5%,显著低于耕种土壤占休闲土壤全N的比例,其中CK处理最显著。因此与“掠夺式”的种植制度(长期不施肥)相比,长期休闲对维持或扩大土壤N库,尤其是增加土壤供N能力有非常重要的作用。土壤P分析,休闲和耕种对土壤速效磷的影响与对土壤全N和有机质的影响不同,由于猪粪含P量较高,故耕种土壤连续施用猪粪仍能显著提高土壤速效磷水平。II处理15cm以上土层速效磷含量约为休闲土壤的2倍(见表2);III处理耕种土壤有效磷含量与休闲土壤差异不大;I处理的总P肥投入仅比III处理少13%,但其土壤有效磷含量比后者低很多,故不断投入有机肥对维持耕种土壤有效磷的供应作用重大。CK处理土壤速效磷含量下降显著,0~5cm土层P

表2 土壤速效磷、缓效钾与速效钾含量

Tab. 2 Available P, non-exchangeable K and exchangeable K content of fallow soils and no-till cultivated soils

项 目 Items	土层/cm Soil depth	休闲土壤 Fallow soils	CK	免耕种植作物土壤处理 I	II	No-till cultivated soils III	平 均 Average
速效磷含量/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Soil available P content	0~5 5~15 15~30	12.4 5.7 1.6	2.3 1.8 0.5	8.0 2.1 1.1	25.2 10.1 0.9	11.5 6.6 1.4	11.8 5.2 1.0
缓效钾含量/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Soil non-exchangeable K content	0~5 5~15 15~30	501.3 471.9 366.4	334.5 338.2 351.1	430.8 366.9 376.4	456.5 377.2 389.7	505.9 411.3 363.5	431.9 373.4 370.2
速效钾含量/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Soil exchangeable K content	0~5 5~15 15~30	179.3 102.5 54.8	55.6 51.9 43.2	90.1 56.4 46.9	93.4 60.6 41.9	114.5 72.2 45.2	88.4 60.3 44.3

含量仅为休闲土壤的18.5%,5cm以下土层P含量仅为休闲土壤的1/3以下。土壤钾分析,休闲和耕种对土壤缓效钾库的影响明显大于对速效钾库的影响(见表2),15~30cm土层休闲与耕种土壤缓效钾含量基本相同,而耕种土壤比休闲土壤速效钾含量约低20%;15cm土层以上耕种土壤缓效钾含量占休闲土壤的66.7%~100.9%,而速效钾只占休闲土壤的31.0%~70.4%。CK处理耕种土壤缓效钾含量显著低于施肥处理,这与台湾的长期定位试验结果不同^[1],可能与施K量及种植制度不同有关。III处理施K量低于II处理,而土壤速效钾和缓效钾含量前者高于后者,且作物吸K量二者大致相同,这表明II处理土壤可能K损失较大。施用有机肥对维持耕种土壤较高K水平有一定作用,特别是作物秸秆含K量很高且均为水溶性,长期实施秸秆还田十分重要。土壤pH值分析,石灰性土壤施用尿素13年后土壤pH为7.47~8.26,与原始土(0~15cm

土层, pH 8.09) 相比无显著差异, 土壤 pH 值随深度增加而增加。与耕种土壤相比, 休闲土壤 pH 值略低, 其中 5cm 以下土层耕种与休闲土壤的差异较明显, 耕种土壤各培肥处理 15cm 以上土层以 CK 处理 pH 值最高, I、II 处理最低, I 处理介于二者中间, 15~30cm 土层土壤 pH 值无显著差异。

3 小 结

长期休闲显著高于连续种植作物的土壤有机质和全 N 含量, 这表明长期休闲使土壤有机质库和 N 库有一定程度的恢复; 免耕种植 II、III 处理的土壤有机质和全 N 含量明显高于 CK 和 I 处理, 这表明土壤耕种的同时不断补充有机肥有助于减缓土壤有机质库的耗竭和提高土壤的供 N 能力; 耕种的土壤连续施入猪粪、作物秸秆等有机肥可保持其与休闲土壤相当的有效磷含量, 表明了有机肥在耕种土壤培肥中的重要作用。休闲和耕种对土壤速效钾库的影响显著大于对缓效钾库的影响, 15cm 以上土层休闲土壤缓效钾含量高于耕种土壤, 而 15~30cm 土层二者缓效钾含量基本相同, 休闲土壤速效钾含量在 30cm 耕层的表现均高于耕种土壤。休闲和作物秸秆还田均有利于土壤保持较高的 K 水平, 长期休闲可使土壤 pH 值略低于耕种土壤。

参 考 文 献

- 1 Ama P. O. Soil changes resulting from long-term management practices in western Nigeria. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1979, 13: 173~177
- 2 Lal R. *et al.* No-till farming after various grasses and leguminous cover crops. I. Crop performance. *Field Crops Research*, 1978, 1: 71

生物质气化多发生事故及防范措施

近几年各地相继兴建了秸秆气化供气系统, 这从改善农村能源结构, 提高农民生活质量和改善环境来看确实是件好事, 但也出现了不少安全问题, CO 中毒、爆炸、着火等事故时有发生, 造成人身伤亡和财产损失。目前用于秸秆气化供气有 2 条工艺路线, 即间接加热的干馏气化路线和空气氧化气化路线, 这 2 条工艺路线均存在不安全因素: 开工前, 设备、管网内的气体置换, 即要把设备、管网内的空气置换成燃气, 最安全的办法是先用 N_2 置换空气, 再用燃气置换 N_2 , 目前农村无 N_2 源, 做不到这一点, 只能用燃气置换空气, 而在用燃气置换空气过程中存在引起气体爆炸的临界浓度, 这时遇上火种就会引起爆炸, 若置换不彻底, 设备、管网中残存 O_2 也易产生爆炸; 燃气排送机——罗茨风机失控, 该机为定容式设备, 排送量只能用打回路调节排送气量, 回路量的大小要根据入口压力随时进行人工调节, 如果操作员疏忽, 入口负压较大, 空气就会进入气柜中, 时间长了会造成气柜整体爆炸, 氧化法工艺路线的气化系统, 气化炉内处于负压工作状态, 若床层不均, 反应不好则有可能产生“穿透”, 也会引入大量空气进气柜; 设备泄漏、破损, 造成的原因较多, 如加工制作质量不高, 选材不当, 防腐、防护措施不当等, 应特别强调的是地上燃气设备不得用塑料材质, 以防外来火源烧漏设备而引起“火上浇油”; 热备开炉时爆炸, 氧化路线采取做饭时间开炉供气, 其他时间处于热备停炉, 由于热备过程中炉膛内温度很高 (600~1000℃), 风机虽停止引入空气和排气, 但炉膛内仍有干馏热解反应在进行 (300℃以上就可以发生热解反应), 这时膛口存在大量的干馏燃气, 热值较高, H_2 、 CH_4 含量较高, 一旦开炉, 启动风机吸入空气的瞬间容易产生炉膛爆炸; 开炉时, 示火孔引起的爆炸, 氧化法气化的反应机理是通过引入空气, “燃烧”秸秆, 最佳状态是把空气中 O_2 全部耗尽而又不使秸秆完全氧化成 CO_2 , 使其氧化成 CO, 变成可燃气。这种恰如其分的控制氧化在实际生产中很难掌握。目前各地生产中都是在排送机出口处设 1 个长明点火孔 (示火孔), 只要长明火不灭即说明合格, 可以向气柜中排送。何时点燃示火孔是较关键的技术问题之一, 因为气体从不可燃到可燃之间有 1 段为爆炸阶段, 处于爆炸阶段时点燃示火孔必然引起系统爆炸; 燃气使用中的中毒和爆炸, 无论是干馏气还是氧化气, 泄漏到空气中均可使人中毒或引起爆炸。氧化气由于热值低, 每次用气量大, 在室温较低时易“自行”熄火而泄漏燃气, 若厨房空间小且通风不好, 废气也会引起中毒, 此外间歇供气存在着无气时打开阀门又忘记关掉, 而供气时燃气泄漏的问题; 燃气设备检修时可能由于未把燃气赶净而在点火时引起爆炸; 电器打火引起泄漏燃气爆炸; 供气管网被损引起的中毒、着火等。任何不安全隐患均可采取科学的手段加以消除, 根据多年的实践经验, 其防范措施主要是开工前, 对所有要与燃气相通的设备、管路进行严格的气体置换, 置换是否合格要通过气体成分分析, 切不可“大约摸”。燃气置换空气过程中 (或空气置换燃气时) 周围不得有明火。除进行气体成分分析外, 还要做“爆鸣试验” (用球内胆皮囊取气, 移于别处点燃, 看是否会爆炸); 燃气排送机运转时一定要有人看管, 并配有压力、流量指示仪表, 最好配有自动报警装置; 燃气设备必须按国家有关标准进行设计、制作、安装、防腐; 热备开炉要按操作规程进行, 且要具备燃气成份分析仪器和温度、压力指示仪表, 向气柜送气前要做“爆鸣试验”; 开炉后, 示火孔点燃之前要做“爆鸣试验”; 家庭使用燃气的地方要通风良好, 使用燃气过程中灶前必须有人, 连接灶具的软管长度不能超过 2m, 在停气时, 气柜中气量可满足随机用户使用; 燃气设备检修时, 要取气样做“爆鸣试验”; 可燃物料、气柜、生产车间等, 必须保证安全距离, 且必须采用防爆型电器; 供气管网要埋于防冻层以下, 必须采取国家有关标准的材质、施工方法; 在管路通过的地方, 要埋警示桩; 燃气生产要有严格的管理制度和岗位责任制度, 要配置分析仪器; 生产现场必须有配套的消防设备如消防水池、消火栓和消防器材等; 生产操作人员上岗前必须进行安全培训、安全考试, 具有上岗资格者方能上岗操作。

(孙明斌 毛平 南方 大连市环境科学设计研究院 大连 116023)