

稻麦轮作田改为菜地后生化指标的变化

张华勇¹ 尹睿¹ 黄锦法² 林先贵¹ 曹志洪¹ 王俊华¹

(1 中国科学院南京土壤研究所 南京 210008; 2 浙江省嘉兴市土壤肥料工作站 浙江嘉兴 314000)

摘要 本文初步分析比较了位于长江三角洲嘉兴市的3种主要土壤类型漏水型水稻土、爽水型水稻土和囊水型水稻土由稻-麦(油菜)轮作田改为多年连作保护地菜田后一些生物化学指标的变化。结果表明:由稻麦轮作田改为蔬菜露地和大棚蔬菜保护地后都可引起土壤的酸化, pH下降程度随土壤类型不同而有别, 其中漏水型水稻土和爽水型水稻土由稻麦轮作田改为大棚蔬菜保护地后 pH下降最为强烈, 分别下降1.96和1.87个单位。与稻-麦(油菜)轮作土壤相比, 蔬菜露地和大棚蔬菜保护地土壤脱氢酶活性都显著降低, 其中后者降低程度远大于前者; 土壤转化酶和中性磷酸酶活性都有不同程度的降低。这些结果说明由稻麦轮作田改为多年连作蔬菜露地和大棚蔬菜保护地后引起土壤微生物活性的下降, 从而影响土壤生物化学过程, 进而影响土壤的健康质量。

关键词 稻麦轮作; 蔬菜露地; 大棚蔬菜保护地; 土壤酶活性

中图分类号 S14; X17

嘉兴市地处长江三角洲的杭嘉湖平原, 属于北亚热带南缘, 是典型的季风气候。年均气温为15.7℃, 年降雨量为1060~1180 mm。3种主要土壤类型漏水型水稻土(Percolating paddy soil)、爽水型水稻土(Permeable paddy soil)和囊水型水稻土(Waterlogged paddy soil), 长期以来以水稻-小麦(油菜)轮作为主。近年来, 随着农业产业结构的逐步调整, 蔬菜栽培面积迅速扩大, 其中有相当一部分稻麦轮作田改为塑料大棚蔬菜保护地。

由稻麦轮作改为连作蔬菜后, 作物种类、施肥、耕作措施、土壤水分状况等多方面的长期变化会对土壤质量演变产生深刻影响^[1, 2]。土壤酶活性与土壤肥力、土壤质量有密切的关系^[3, 4]。土壤酶活性又受利用方式、作物及其耕作制度等因素的影响。研究

证明土壤酶活性可作为一个敏感指标来监测与营养元素转化有关的微生物活性^[5]。

本文以嘉兴市3种典型的水稻土为例, 初步分析比较了由稻-麦(油菜)轮作田改为多年连作蔬菜露地和大棚蔬菜地后一些土壤酶学特征的变化, 目的是为综合评价土地利用方式改变引起的土壤质量现状和演化, 同时也为今后更好地调控蔬菜保护地的土壤质量提供理论根据。

1 材料与方法

1.1 土壤取样

试验于2002年5月进行。取样地点及土壤类型见表1。每种类型土壤按3种不同利用方式分别进行采样: 传统的稻-麦(油菜)轮作、由稻麦轮作田

表1 采样地点及其土壤类型

Table 1 Sampling site and soil types

采样地点	土壤质地	土壤类型	利用方式	简称
平湖乍浦镇	粉泥田中壤质	漏水型水稻土	露地蔬菜	PIPV
			大棚蔬菜	PIPS
			稻麦轮作	PIPR
王江泾镇	青紫泥轻粘质	囊水型水稻土	露地蔬菜	WIPV
			大棚蔬菜	WIPS
			稻麦轮作	WIPR
秀城区殷秀村	黄斑泥田重壤质	爽水型水稻土	露地蔬菜	PmPV
			大棚蔬菜	PmPS
			稻麦轮作	PmPR

改成的蔬菜露地（7 年以上）和大棚蔬菜保护地（7 年以上）。采样时力求在相邻的田块以确保土壤性质一致。每个样点用 5 点取样法采 0~10 cm 表土并混匀，过 2 mm 筛，4℃ 保存，尽快测定。

1.2 土壤基本理化性质测定方法^[6]

采用常规方法测定：有机质，水合热重铬酸钾氧化-比色法；全 N，开氏消煮法；NO₃⁻-N，紫外分光光度法；NH₄⁺-N，靛酚蓝比色法；全 P，H₂SO₄

-HClO₄ 消煮，钼锑抗比色法；速效 P，Olsen 法；速效 K，火焰光度法；pH，0.02 mol CaCl₂ 按水土比 2.5:1 浸提。具体结果见表 2。

1.3 土壤酶活性测定

脱氢酶活性的测定采用改进后红色甲脒(TPF)生成法^[7,8]；土壤脲酶活性采用靛酚比色法^[9]；土壤中性磷酸酶活性测定采用对硝基苯磷酸盐法^[6]；土壤转化酶活性测定采用 3,5-二硝基水杨酸比色法^[9]。

表 2 供试土壤理化性质

Table 2 Some physical and chemical properties of the observed soil

理化性质	土壤类型								
	漏水型水稻土			囊水型水稻土			爽水型水稻土		
	露地 蔬菜	大棚 蔬菜	稻麦 轮作	露地 蔬菜	大棚 蔬菜	稻麦 轮作	露地 蔬菜	大棚 蔬菜	稻麦 轮作
粗砂 (g/kg)	50.0	16.0	5.0	4.0	4.0	3.0	5.0	4.0	3.0
细砂 (g/kg)	327.0	252.0	273.0	177.0	211.0	208.0	197.0	217.0	195.0
粉砂 (g/kg)	454.0	527.0	558.0	499.0	467.0	489.0	459.0	478.0	480.0
粘粒 (g/kg)	169.0	205.0	164.0	320.0	318.0	300.0	339.0	301.0	322.0
有机质 (g/kg)	17.6	21.1	26.5	28.6	34.1	43.0	29.8	39.5	42.1
总 N (mg/g)	1.03	1.71	1.61	1.65	2.70	2.37	2.57	2.76	2.38
NH ₄ ⁺ -N (mg/kg)	1.1	2.5	1.1	0.0	87.4	0.0	95.3	5.7	1.9
NO ₃ ⁻ -N (mg/kg)	6.5	315.9	3.0	9.3	561.2	6.6	231.9	410.7	1.8
全 P (P ₂ O ₅ , g/kg)	2.88	3.17	2.30	2.34	2.91	1.82	2.92	3.68	1.49
速效 P (mg/kg)	84.5	145.4	62.7	61.1	123.7	30.1	108.9	186.1	17.2
速效 K (K ₂ O, g/kg)	18.8	21.7	21.9	23.0	25.6	21.9	26.1	22.4	24.3
含水量 (g/kg)	212.0	226.0	284.0	217.0	156.0	307.0	215.0	251.0	425.0

2 结果与讨论

2.1 稻麦轮作改为蔬菜栽培后土壤 pH 的变化

3 种土壤在稻麦轮作时土壤 pH 值约为 6，而由稻麦轮作改为种植露地蔬菜和大棚蔬菜后，土壤的 pH 值都发生了不同程度的下降，有的甚至接近 pH 4.0（图 1）。

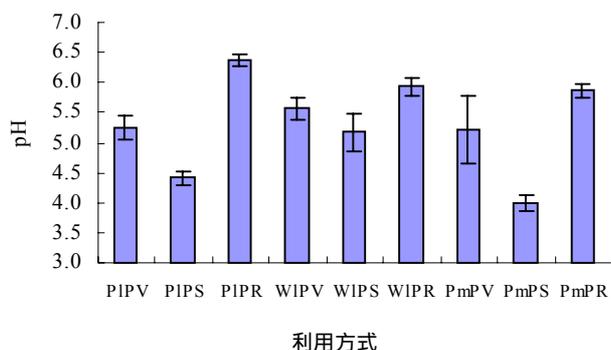


图 1 供试土壤的 pH 值

Fig. 1 pH value in soils

经相关性分析，细菌与 pH 的相关系数为 0.84 达到极显著正相关水平，而真菌与 pH 的相关系数为 -0.78 也达到了显著负相关的程度。因为 pH 值对微生物的生态分布有很大的影响，真菌在低 pH 值环境比细菌更适应。土壤的严重酸化可能造成土壤细菌数量的下降，从而引起土壤营养元素循环速率的下降，导致土壤肥力下降；而真菌数量增加则可能导致土壤病原菌增加，加重作物的病害^[10]。

2.2 稻麦轮作改为蔬菜栽培后土壤脱氢酶活性的变化

从表 3 中可以看出 3 种土壤类型中脱氢酶活性变化也表现出非常相似的规律：稻-麦（油菜）轮作的土壤中脱氢酶活性都非常高，漏水型水稻土、囊水型水稻土和爽水型水稻土分别高达 TPF 85、72 和 56 mg/(kg·d)，而连作的露地蔬菜脱氢酶活性显著下降，分别较稻麦轮作土壤下降 70%、50%和 40%。大棚蔬菜土壤中脱氢酶活性非常低，分别仅有 TPF

表 3 不同利用方式下土壤脱氢酶活性 (TPF mg/(kg·d))

Table 3 Soil dehydrogenase activities in soils under different utilization patterns

	露地蔬菜	大棚蔬菜	稻麦轮作
漏水型水稻土	24.5±1.9	3.0±0.3	85.1±1.5
囊水型水稻土	42.9±2.4	12.1±2.1	72.1±7.1
爽水型水稻土	27.3±4.7	3.3±1.1	55.9±5.2

3.0、12.1 和 3.3 mg/(kg·d)。

脱氢酶活性被认为是指示微生物活性的最好指标之一,因为脱氢酶只存在于生活细胞体内,而不象其他一些酶可以从体内分泌到体外并且吸附于土壤作为非生命组分而保持活性。脱氢酶属于氧化还原酶类,可以很好地作为估量土壤中微生物氧化能力的指示指标。在本试验采用的 3 种土壤中,表现出稻麦轮作土壤中脱氢酶活性非常高,连作露地蔬菜土壤中脱氢酶活性显著下降,而大棚蔬菜土壤中脱氢酶活性非常低的共同规律,这说明稻麦轮作土壤中微生物对有机物质有较强的氧化活性,而露地蔬菜土壤和大棚蔬菜土壤中微生物对有机物质氧化活性显著下降。也可以说,当土壤利用方式由稻麦轮作改为露地蔬菜或大棚蔬菜后土壤中营养元素循环速率会受到极大影响,从而导致土壤自身维持肥力能力的下降。有报道指出,嘉兴平原土壤大多为 N、P 盈余^[11],相关分析表明,在这 3 种土壤中脱氢酶活性与土壤 pH 值呈极显著正相关 (0.92),而与土壤 NO₃⁻-N 和全 P 含量呈显著负相关 (-0.764 和 -0.822)。说明土壤酸化和过量施加 N、P 肥会影响土壤肥力的自我维持。

2.3 稻麦轮作改为蔬菜栽培后土壤转化酶活性的变化

表 4 不同利用方式下土壤脲酶活性 (NH₄⁺-N mg/(g·d))

Table 4 Soil urease activity in soils under different utilization patterns

土壤类型	露地蔬菜	大棚蔬菜	稻麦轮作
漏水型水稻土	0.185±0.014	0.272±0.031	0.380±0.044
囊水型水稻土	0.180±0.022	0.335±0.013	0.281±0.010
爽水型水稻土	0.691±0.159	0.179±0.009	0.361±0.025

2.5 稻麦轮作改为蔬菜栽培后土壤中磷酸酶活性的变化

中性磷酸酶能促进土壤有机磷化合物的水解。有机 P 是土壤总 P 的重要组成部分 (占总 P 的 20%~

转化酶活性可以反映土壤中 C 的转化和呼吸强度。一般而言,土壤肥力高,酶活性较活跃,肥力低时酶活性较弱^[12]。在 3 种类型土壤中,大棚蔬菜土壤转化酶活性明显低于其余 2 种土地利用方式 (图 2)。这说明在大棚蔬菜条件下,土壤的 C 转化能力减弱。相关性分析显示转化酶活性与脱氢酶活性 (0.904) 和 pH 达到极显著相关,与土壤中全 P 含量 (-0.700) 呈现显著负相关。

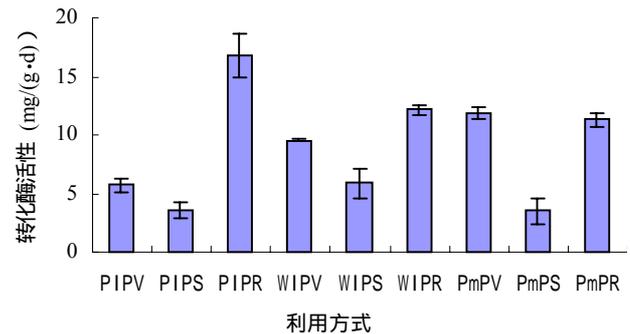


图 2 不同利用方式下土壤转化酶活性

Fig. 2 Soil invertase activity in soils under different utilization patterns

2.4 稻麦轮作改为蔬菜栽培后土壤脲酶活性的变化

土壤中酰胺态 N 的降解与脲酶活性相关。土壤脲酶活性反映了土壤对酰胺态 N 的转化能力和土壤无机 N 的供应能力,尤其是施用尿素的土壤。表 2 中硝酸盐的数据表明,大棚中土壤硝酸盐含量极显著高于露地和稻麦轮作。这主要是由于大棚里高强度利用的需要,高强度地施加肥料,同时又缺少雨水的淋洗所导致^[13]。表 4 中脲酶活性与土壤类型和利用方式没有明显的相关性,一方面可能是各田块施用 N 肥距离采样时间不同;另一方面,农田中过量乃至超量施用 N 肥的现象十分普遍^[14],使无机 N 供过于求,也可能导致脲酶活性无规律。

80%)。在土壤中磷酸酶的作用下,有机 P 才能转化为植物可吸收的无机 P。所以,土壤中磷酸酶活性反映了土壤向作物供应有效 P 的潜在能力。在 3 种类型土壤中,磷酸酶活性 (图 3) 和有效 P 的含

量(表 2)都有稻麦轮作田最高、大棚蔬菜地最低的趋势。中性磷酸酶活性与全 P(0.953)、pH(0.805)

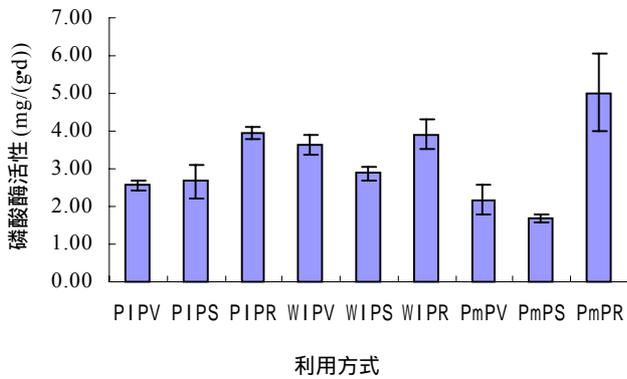


图 3 不同利用方式下土壤磷酸酶活性

Fig. 3 Soil phosphatase activity in soils under different utilization patterns

极显著相关,与脱氢酶活性(0.775)和土壤含水量(0.737)也有一定的相关性。这表明土壤中中性磷酸酶活性受环境(pH)、提供者(微生物生物量)和底物及产物(全P)3种因子的共同作用。而有效P在塑料大棚蔬菜保护地中的增加主要与P肥使用量高^[15]、pH值低等因素密切相关。

3 结论

对嘉兴地区3种水稻土进行的研究表明,由稻-麦(油菜)轮作田改为多年连作的蔬菜露地和大棚蔬菜地后,会导致土壤pH降低,在大棚中尤为明显。土壤脱氢酶活性、转化酶活性以及中性磷酸酶活性也有类似降低规律,说明连作的露地蔬菜和大棚蔬菜的土地利用方式极大地影响了土壤生化活性。

参考文献

- 程美延. 温室土壤盐分积累, 盐害及防治. 土壤肥料, 1990, (1): 1~7
- 薛继澄, 毕德义, 李家金, 殷永娴, 吴志行. 保护地栽培

蔬菜生理障碍的土壤因子与对策. 土壤肥料, 1994, (1): 4~9

- 关松萌. 土壤酶与土壤肥力. 土壤通报, 1980, 11 (6): 41~44
- 黄世伟. 酶活性与土壤肥力. 土壤通报, 1981, 12 (4): 37~39
- Bergstrom DW, Monreal CM, et al. Sensitivity of soil enzyme activities to conservation practices. Soil Sci. Soc. Am., 1998, (62): 1286~1294
- 鲁如坤主编. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 2000, 248~255
- Casida LCJr, Klein DA, Santoro T. Soil dehydrogenase activity. Soil Science, 1964, 98: 371~376
- Chu HY, Zhu JG, Xie ZB, Zhang HY, Cao ZH, Li ZG. Effects of Lanthanum on dehydrogenase activity and carbon dioxide evolution in haplic Acrisol. Australian Journal of Soil Research, 2003, 41: 731~739
- 郑洪元, 张德生. 土壤动态生物化学研究法. 北京: 科学出版社, 1982, 173~265
- 尹睿, 张华勇, 黄锦法, 林先贵, 王俊华, 曹志洪. 保护地菜田与稻麦轮作田土壤微生物学特征的比较. 植物营养与肥料学报, 2004, 10 (1): 57~62
- 王国封, 黄锦法. 浙江嘉兴平原土壤养分的平衡状况及改善对策的探讨. 土壤通报, 1999, 30 (3): 104~107
- 樊军, 郝明德. 黄土高原旱地轮作与施肥长期定位试验研究. 土壤酶活性与土壤肥力. 植物营养与肥料学报, 2003, 9 (2): 146~150
- 郭文忠, 刘声锋, 李丁仁, 赵顺山. 设施蔬菜土壤次生盐渍化发生机理的研究现状与展望. 土壤, 2004, 36 (1): 25~29
- 王家玉, 王胜佳, 陈义, 郑纪慈, 李超英, 计小江. 稻田土壤中氮素淋失的研究. 土壤学报, 1996, 33 (1): 28~36
- Li WQ, Zhang M, Van Der Zee S. Salt contents in soils under plastic greenhouse gardening in China. Pedosphere, 2001, 11 (4): 369~367

CHANGES IN SOIL BIOCHEMICAL PROPERTIES CAUSED BY CROPPING SYSTEM ALTERATION FROM RICE-WHEAT ROTATION TO VEGETABLE CULTIVATION

ZHANG Hua-yong¹ YIN Rui¹ HUANG Jin-fa² LIN Xian-gui¹ CAO Zhi-hong¹ WANG Jun-hua¹

(1 *Institute of soil science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008; 2 Soil and fertilizer station of Jiaxing, Jiaxing, Zhejiang 314000*)

Abstract A survey has recently been done in Jiaxing City of Zhejiang Province at the Yangtze River Delta to determine changes in soil biochemical properties in paddy soils with the traditional cropping system of rice-wheat rotation altered into vegetable cultivation, including continuous plastic mulching vegetable cultivation, and plastic greenhouse vegetable cultivation. Results show alteration of the cropping system induced soil acidification and soil pH dropped to an extent varying with type of the soil (Percolating paddy soil, Permeable paddy soil, and Waterlogged paddy soil). The activities of several soil enzymes including dehydrogenase, urase, inverase and phosphase in soils under plastic mulching vegetable cultivation (MVC) were all lower than under rice-wheat rotation (RWR), and under plastic greenhouse vegetable cultivation than under MVC and RWR. The decreases in biochemical properties in the soils under continuous vegetable cultivation, especially under plastic greenhouse vegetable cultivation, might be caused by soil acidification and overuse of nitrogen and phosphorus fertilizers.

Key words Rice-wheat rotation, Mulching vegetable cultivation, Plastic greenhouse vegetable cultivation, Activities of soil enzymes