

旱田改水田对黑土 pH 及微生物类群的影响

杜春梅^{1,2}, 顿圆圆¹, 王妍¹, 韩月新¹, 张海军¹, 董锡文^{1,2*}

(1. 佳木斯大学生命科学学院, 黑龙江佳木斯 154007; 2. 佳木斯大学应用微生物研究所, 黑龙江佳木斯 154007)

摘要 [目的] 探明旱田改水田后黑土酸碱度及土壤微生物的变化。[方法] 通过 5 点采样法取样, 利用平板菌落计数法对相关微生物类群数量进行研究。[结果] 旱田改为水田后, 土壤 pH 显著上升; 细菌和真菌数量明显增多, 放线菌数量变化不明显, 纤维素分解菌数量逐渐下降, 在 5~10 cm 土层, 其数量较旱田显著降低 ($P < 0.05$), 有机磷细菌和无机磷细菌数量略有增加; 在 0~5 cm 土层水田的 B/F 比旱田显著降低, 但其他土层间 B/F 差异不大。[结论] 短期旱田改水田能初步缓解土壤的酸化问题; 旱田改水田后土壤微生物数量发生了变化; 水田中各土层间 B/F 较一致, 说明土壤微生物类群结构更为稳定。

关键词 黑土; 旱田; 水田; pH; 微生物

中图分类号 S154.3 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)06-0103-03

Effects of Turning Dry Land into Paddy Land on pH Value and Groups of Microorganisms in Black SoilDU Chun-mei^{1,2}, DUN Yuan-yuan¹, WANG Yan¹, DONG Xi-wen^{1,2*} et al (1. College of Life Science, Jiamusi University, Jiamusi, Heilongjiang 154007; 2. Institute of Applied Microbiology, Jiamusi University, Jiamusi, Heilongjiang 154007)

Abstract [Objective] To explore the changes of microorganisms groups and pH value in black soil after turning dry land into paddy land. [Method] Five points sampling method was adopted to take samples, and tablet colony counting method was used to study the numbers of soil microorganisms. [Result] The results showed that the soil pH value increased significantly after turning dry land into paddy land. The numbers of bacteria and fungi increased significantly, but actinomycetes had no change. Cellulose utilization microorganisms decreased in the depth from 5 to 10 cm significantly ($P < 0.05$). Organic and inorganic phosphorus bacteria increased slightly. B/F value in paddy field decreased obviously than that in dry land, especially in the above depth of soil. [Conclusion] The soil acidification can be remitted in the first year after turning dry land into paddy land. The numbers of soil microorganisms change significantly after turning dry land into paddy land. The B/F values among every depth have no difference in paddy field which show that the structure of soil microorganism groups are more stable.

Key words Black soil; Dry land; Paddy land; pH; Microorganisms

东北黑土区是世界上四大片黑土区之一^[1], 为我国重要的商品粮生产基地。但自开垦以来, 不合理的施肥和不科学的农业管理, 使得东北黑土农田面临土壤肥力下降、土壤酸化等影响农业可持续发展的严峻问题。随着“旱改水”工程的推进, 黑龙江省旱田改水田种植面积越来越大^[2], 旱田改水田后, 势必引起黑土土壤理化性质及微生物群落结构发生改变。土壤微生物直接参与土壤的碳、氮循环, 其活性和数量直接影响土壤有机质的运转以及作物所需养分的提供及贮存, 从而改善土壤结构, 抑制植物病害的发生^[3]。目前, 关于黑土微生物方面的研究很多, 但关于黑土旱田改水田后土壤 pH 及土壤微生物类群结构变化的研究较少。笔者对黑龙江地区黑土旱田改水田的土壤 pH 和微生物类群进行研究, 以期对黑土的可持续利用提供理论依据。

1 材料与方

1.1 试验材料 样品采集于黑龙江省巴彦县西集镇靠山屯(水田: 127°15'26.94" E, 46°10'31.22" N, 旱田改水田时间为 1 年; 旱田: 127°15'37.64" E, 46°10'33.94" N)。利用 5 点采样法分别采取 0~5、5~10 和 10~20 cm 3 个深度的土层, 各土样去除秸秆落叶, 单独装袋记录后带回实验室备用。

1.2 试验方法

1.2.1 pH 的测定。 将土样按土: 水 = 1.0: 2.5 浸提, 用

PHB-8 型酸度计(上海佑科)测量土壤的 pH, 重复 3 次。

1.2.2 土壤微生物的培养。 细菌、放线菌、真菌固体培养基分别采用牛肉膏蛋白胨、高氏 I 号和马丁氏孟加拉红选择性培养基^[4], 纤维素分解菌、无机磷细菌和有机磷细菌 3 种功能菌的固体培养基配制参照《土壤微生物研究原理与方法》^[5]。

1.2.3 微生物的分离。 称取 10 g 新鲜土样, 放入装有 90 mL 无菌水的三角瓶(内放置 20 个小玻璃珠)中, 振荡 30 min, 使土样充分打散, 按 10 倍稀释法将土样制成系列浓度梯度的土壤稀释液, 将 0.1 mL 适宜浓度土壤稀释液涂布于各种固体培养基上, 适宜温度下培养 3~5 d 后观察计数, 每个土样重复 3 次^[6]。

土壤微生物数量采用平板菌落计数法。1 g 干土菌落形成单位数(CFU/g) = (同一稀释度平板上菌落平均数 × 10 × 稀释倍数) × (1 - 含水率) / 10。

1.3 数据分析 所有数据均采用 Excel 和 SPSS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 旱田改水田对土壤 pH 的影响 土壤 pH 是衡量土壤酸碱度、反映土壤质量的重要化学性质之一, 影响土壤的养分转化及土壤微生物活性, 进而影响土壤肥力^[7-8]。由图 1 可知, 旱田 pH 在不同土层深度无明显变化, 但随着土层深度的增加, 水田 pH 明显升高。在同一土层深度, 水田的 pH 显著高于旱田的 pH ($P < 0.05$)。其原因可能是硝酸盐肥料的施入引起土壤 pH 增加^[9], 或者植物残留物在微生物的分解作用下给土壤补充大量的盐基阳离子, 增加了土壤的 pH^[10-11]。

基金项目 佳木斯大学博士启动项目(22Zb201511)。**作者简介** 杜春梅(1978—), 女, 黑龙江佳木斯人, 讲师, 硕士, 从事微生物教学与科研工作。* 通讯作者, 教授, 博士, 硕士生导师, 从事微生物教学与科研工作。**收稿日期** 2017-01-10

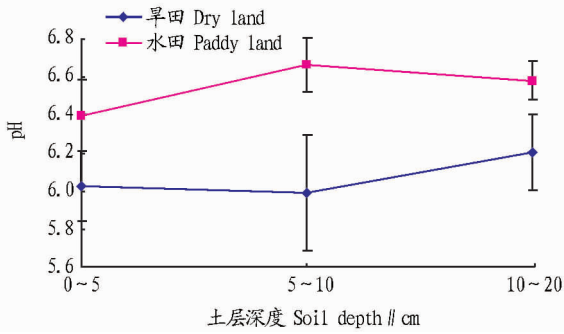


图1 旱田改水田后土壤 pH 的变化

Fig 1 Changes of pH after turning dry land into paddy land

2.2 旱田改水田对主要微生物类群的影响 土壤微生物是反映土壤生化过程趋向的重要指标,并能够预测土壤生态系统功能的变化^[12]。细菌、放线菌和真菌是土壤微生物的三

表1 旱田改水田后不同土层主要微生物数量的变化

Table 1 Changes of main microorganisms amount in different soil layers after turning dry land into paddy land

土层深度 Soil depth cm	细菌 Bacteria ($\times 10^5$ CFU/g)		放线菌 Actinomycetes ($\times 10^4$ CFU/g)		真菌 Fungi ($\times 10^3$ CFU/g)	
	旱田 Dry land	水田 Paddy land	旱田 Dry land	水田 Paddy land	旱田 Dry land	水田 Paddy land
0~5	7.225 \pm 0.793 aB	10.311 \pm 1.708 aA	2.381 \pm 0.336 aA	2.719 \pm 0.509 aA	1.997 \pm 0.181 bB	5.417 \pm 0.701 aA
5~10	2.910 \pm 0.223 bB	3.903 \pm 0.406 bA	1.955 \pm 0.160 abAB	1.830 \pm 0.314 bB	2.926 \pm 0.223 aA	2.123 \pm 0.214 bB
10~20	3.376 \pm 0.249 bB	3.898 \pm 0.266 bB	1.759 \pm 0.484 bB	1.608 \pm 0.306 bB	2.305 \pm 0.624 bB	2.151 \pm 0.514 bB

注:同一样地不同小写字母表示不同土层间差异显著($P < 0.05$),不同大写字母表示同一土层不同样地间差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same sample stand for significant difference at 0.05 level in different soil layers, different capital letters in the same soil layer stand for significant difference in different samples at 0.05 level

2.3 旱田改水田对纤维素分解菌和磷细菌数量的影响 纤维素分解菌是土壤有机残体分解的中心环节,其分解强度反映了土壤微生物对有机残体分解的程度和速度,直接关系到土壤有机质的形成与积累^[15]。磷细菌根据其分解无机磷、有机磷的形式分为无机磷细菌和有机磷细菌,它们能将土壤中无效态磷转化成有效态磷,被植物吸收利用^[16-17]。由图2可知,旱田改水田后,随着土层深度的增加,纤维素分解菌的数量逐渐下降,在5~10 cm 土层,其数量较旱田显著降低(P

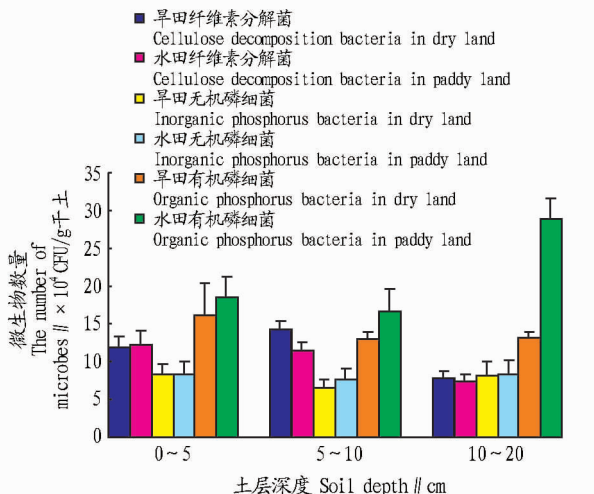


图2 旱田改水田后不同土层微生物数量的变化

Fig 2 Changes of several functional microbes amount in different soil layers after turning dry land into paddy land

大类群,与土壤有机质的分解和积累有密切关系。由表1可知,随着土层深度的增加,旱田和水田土壤中细菌的数量明显减少,且水田0~10 cm 土层中细菌的数量显著高于旱田($P < 0.05$)。这主要是由于表层土壤通气良好,有利于细菌生长,同时,细菌生长也需要较高的湿度。随着土壤深度的增加,放线菌数量虽明显减少,但在同一土层,旱田和水田土壤中放线菌数量无显著差异,说明旱田改水田对土壤中放线菌的生长影响不大。旱田中真菌数量以5~10 cm 土层最多,说明此层土壤通气和湿度均能很好地满足其生长。水田中0~5 cm 土壤真菌数量显著高于其他土层中真菌数量,说明真菌对氧气的需求较多。水田表层土壤中真菌的数量显著高于旱田($P < 0.05$),原因可能是作物残体和根系残留物及根系分泌物在土壤中积累产生的差异,使土壤微生物所得到的碳源数量及性质发生了变化,进而使土壤微生物的数量在不同种植方式下有所差别^[13-14]。

< 0.05)。无机磷细菌和有机磷细菌在数量上略有增加。

2.4 旱田改水田对土壤 B/F 的影响 细菌数量和真菌数量的比值(B/F)是土壤微生物区系结构的一个重要特征指标,也是反映土壤质量的指标之一^[18-19]。当土壤中真菌数量及其组成比例大幅度提高时,土传病害发生的危险性增加,土壤质量下降^[20]。由图3可知,随着土层深度的增加,旱田土

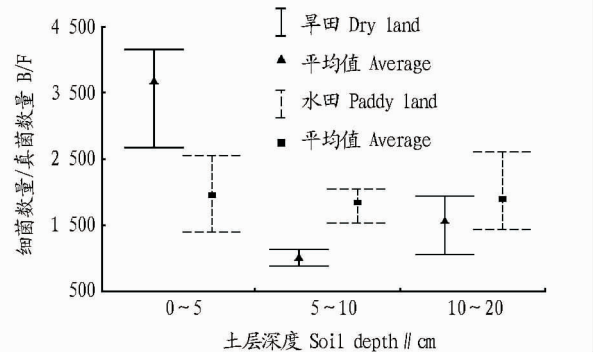


图3 旱田改水田后土壤 B/F 的变化

Fig 3 Changes of B/F after turning dry land into paddy land

壤 B/F 值显著降低,水田土壤 B/F 保持相对稳定。说明水田环境上下层土壤间相差不大,比较一致,而旱田土壤的不同土层间环境变化较大,尤其是真菌数量增长较多,使得B/F明显降低。从变化幅度看,无论是旱田还是水田0~5 cm 土壤 B/F 变化幅度均最大,可能是此层土壤受地表环境影响较大,导致细菌和真菌数量变化空间较大。

2.5 相关性分析 由表 2 可知,pH 与真菌数量呈极显著负相关,说明 pH 的增加会对真菌的数量造成较大影响。细菌、放线菌和真菌之间均呈极显著正相关,说明微生物的三大类

群之间关系密切,共同影响土壤养分的转化与土壤的健康程度。纤维素分解菌与细菌和真菌均呈显著正相关,但与有机磷细菌呈极显著负相关。

表 2 相关性分析

Table 2 Correlation analysis between various factors

项目 Item	pH	细菌 Bacteria	放线菌 Actinomycetes	真菌 Fungi	纤维素分解菌 Cellulose utilization microorganisms	无机磷细菌 Inorganic phosphobacteria	有机磷细菌 Organic phosphobacteria
pH	1						
细菌 Bacteria	- 0.457	1					
放线菌 Actinomycetes	- 0.355	0.818**	1				
真菌 Fungi	- 0.740**	0.870**	0.706**	1			
纤维素分解菌 Cellulose utilization microorganisms	-0.272	0.520*	0.402	0.585*	1		
无机磷细菌 Inorganic phosphobacteria	-0.007	0.182	-0.072	0.174	0.232	1	
有机磷细菌 Organic phosphobacteria	-0.112	-0.339	-0.331	-0.264	-0.739**	0.122	1

注: * 表示 0.05 水平显著相关, ** 表示 0.01 水平显著相关

Note: * shows significant correlation at 0.05 level, ** shows significant correlation at 0.01 level

3 结论与讨论

旱田改为水田后,土壤 pH 显著上升。土壤旱田改为水田后,其生态环境发生了变化,势必引起相应微生物类群的变化。其原因可能是旱田改水田后土壤含水量变化影响离子在固相、液相之间的分配,盐类的溶解与解离,进而影响土壤的酸碱度^[21];也可能与长期施用肥料有关,在一定作用范围内,施用有机肥对土壤 pH 具有微调与缓冲作用^[22],说明短期旱田改水田能初步缓解土壤的酸化问题。

旱田改为水田后细菌和真菌数量明显增多,放线菌数量变化不明显,纤维素分解菌数量逐渐下降,在 5~10 cm 土层,其数量较旱田显著降低($P < 0.05$)。有机磷细菌和无机磷细菌在平均数量上略有增加,与龚雪等^[23]的研究结果一致。说明旱田经初期灌水有利于好氧型及喜湿微生物的生长,放线菌对湿度的变化敏感性较差,受影响较小。微生物与环境、微生物之间的关系密切^[24],纤维素分解菌与细菌和真菌均呈显著正相关,说明其关系更为密切,但有机磷细菌的积累不利于纤维素分解菌的增加。水田中 B/F 比较稳定,但旱田 B/F 变化较大,说明水田环境的稳定带来的是微生物类群的结构稳定,而相对应的旱田则环境变化明显^[25],尤其表层土壤环境变化更为明显,它影响微生物类群的结构,进而影响土壤质量。

参考文献

[1] 荆瑞勇,曹焜,刘俊杰,等.东北农田黑土土壤酶活性与理化性质的关系研究[J].水土保持研究,2015,22(4):132-137.
 [2] 顿圆圆,杜春梅,姜中元,等.旱田改水田对土壤电导率及几种微生物的影响[J].湖北农业科学,2015,54(9):2087-2089.
 [3] 刘佳斌,李传宝,王宏燕.秸秆还田不同处理方式对黑土微生物数量和土壤酶活性的影响[J].安徽农业科学,2012,40(9):5285-5287.
 [4] 董锡文,杜春梅,顿圆圆,等.长期使用大棚栽培蔬菜对土壤 pH 值及微生物的影响[J].河南农业科学,2013,42(5):86-88.
 [5] 林先贵.土壤微生物研究原理与方法[M].北京:高等教育出版社,2010.
 [6] 顿圆圆,杜春梅,姜中元,等.长期旱改水对土壤氮素转化微生物的影响[J].北方园艺,2015(18):175-178.
 [7] 陈学文,张兴义,隋跃宇,等.利用空间移位法研究东北黑土 pH 季节变化及其影响因素[J].农业现代化研究,2008,29(3):365-367.

[8] CHENG Y, WANG J, MARY B, et al. Soil pH has contrasting effects on gross and net nitrogen mineralization in adjacent forest and grassland soils in central Alberta, Canada[J]. Soil biology & biochemistry, 2013, 57: 848-857.
 [9] RUKSHANA F, BUTTERLY C R, BALDOCK J A, et al. Model organic compounds differ in priming effects on alkalinity release in soils through carbon and nitrogen mineralization[J]. Soil biology & biochemistry, 2012, 51: 35-43.
 [10] XIAO K C, YU L, XU J M, et al. pH, nitrogen mineralization, and KCl-extractable aluminum as affected by initial soil pH and rate of vetch residue application: Results from a laboratory study[J]. Journal of soils sediments, 2014, 14(9): 1513-1525.
 [11] BUTTERLY C R, BALDOCK J A, TANG C. The contribution of crop residues to changes in soil pH under field conditions[J]. Plant and soil, 2013, 366(1): 185-198.
 [12] 王志刚,由义敏,徐伟慧,等.黑土微生物丰度和多样性对邻苯二甲酸二丁酯污染的响应[J].生态环境学报,2015,24(10):1725-1730.
 [13] 马星竹,武志杰,陈利军,等.长期施肥对黑土、棕壤微生物量的影响[J].土壤通报,2011,42(1):60-64.
 [14] MELERO S, MADEJON E, RUIZ J C, et al. Chemical and biochemical properties of a clay soil under dryland agriculture system as affected by organic fertilization[J]. European journal of agronomy, 2007, 26(3): 327-334.
 [15] 刘淑霞,王鸿斌,赵兰坡,等.几种纤维素分解菌在有机质转化中的作用[J].农业环境科学学报,2008,27(3):991-996.
 [16] 于群英,陈世勇,马忠友,等.磷细菌筛选及其对苗期玉米生长的影响[J].生态环境学报,2012,21(7):1257-1261.
 [17] 邵玉芳,樊明寿,乌恩,等.植物根际解磷细菌与植物生长发育[J].中国农学通报,2007,23(4):241-244.
 [18] KREMER R J, CAESAR A J, SOUSSI T. Soilborne microorganisms of euphorbia are potential biological control agents of the invasive weed leafy spurge[J]. Applied soil ecology, 2006, 32(1): 27-37.
 [19] 周德平,褚长彬,范洁群,等.不同种植年限设施芦笋土壤微生物群落结构与功能研究[J].土壤,2014,46(6):1076-1082.
 [20] 林雁冰,薛泉宏,颜霞.不同栽培模式下玉米根系对土壤微生物区系的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2008,36(12):101-107.
 [21] 高海峰,白军红,王庆改,等.霍林河下游典型洪泛区湿地土壤 pH 值和土壤含水量分布特征[J].水土保持研究,2011,18(1):268-271.
 [22] 丁玉梅,李宏光,何金祥,等.有机肥与复合肥配施对烟株根际土壤 pH 值的影响[J].西南农业学报,2011,24(2):635-639.
 [23] 龚雪,王继华,关键飞,等.再生水灌溉对土壤化学性质及可培养微生物的影响[J].环境科学,2014,35(9):3572-3579.
 [24] 刘广明,杨劲松,姚荣江.影响土壤浸提液电导率的盐分化学性质要素及其强度研究[J].土壤学报,2005,42(2):247-252.
 [25] 王晓龙,徐立刚,姚鑫,等.鄱阳湖典型湿地植物群落土壤微生物量特征[J].生态学报,2010,30(18):5033-5042.