

三江平原草甸土水田土壤酶活性的演变特征

焦峰¹, 吕淑敏¹, 汪昊¹, 唐雷¹, 张东萌¹, 王秋菊^{2*}, 刘峰²

(1. 黑龙江八一农垦大学, 黑龙江大庆 163319; 2. 黑龙江省农业科学院土壤肥料与资源环境研究所, 黑龙江哈尔滨 150086)

摘要 [目的]明确三江平原水田土壤酶活性的演变特征。[方法]以三江平原水田土壤类型(亚类)草甸土为调查对象,采用室内分析方法,揭示土壤酶活性随水田垦殖年限的变化趋势。[结果]旱田土壤开垦为水田后,随垦殖年限的增加,草甸土水田土壤酶活性有不同程度的变化趋势;耕层草甸土脲酶活性随垦殖年限的增加均显著降低,草甸土犁底层脲酶活性在垦殖为水田后降低;随垦殖年限增加,草甸土垦殖为水田后磷酸酶活性在各层均表现降低趋势;草甸土过氧化氢酶活性在垦殖为水田后犁底层和心土层表现降低趋势,而耕层有增加趋势;草甸土垦殖为水田后转化酶活性在耕层和犁底层降低,在心土层上升。[结论]草甸土在垦殖为水田后土壤酶活性演变速率不同。

关键词 水田;垦殖年限;土壤酶活性

中图分类号 S154.2 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)23-0174-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.23.050



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Evolution Characteristics of Soil Enzyme Activities in Different Types of Paddy Fields in Sanjiang Plain

JIAO Feng, LÜ Shu-min, WANG Hao et al (Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319)

Abstract [Objective] To clarify the evolution characteristics of soil enzyme activity in paddy field in Sanjiang Plain. [Method] The soil type (sub-category) meadow soil in Sanjiang Plain were used as the survey object, and the indoor enzyme analysis method was used to reveal the soil enzyme activity with the trend of paddy field reclamation years. [Result] With the increase of redamation years, the soil enzyme activities in the paddy soils had different degrees of change in the paddy soils. The urease activity in the paddy meadow soil decreased significantly with the increase of reclamation years. The urease activity of the bottom layer decreased after tillering into the paddy field. With the increase of reclamation years, the phosphatase activity of the meadow soil decreased after the dry farmland becoming the paddy field. The catalase activity of the meadow soil plowed into the paddy field after plowing into the paddy field. The soil layer showed a decreasing trend, while the plough layer showed an increasing trend; after the meadow soil planted into the paddy field, the invertase activity decreased in the plough layer and the plough layer, and it increased in the core layer. [Conclusion] The evolution rate of soil enzyme activity is different in meadow soil after being cultivated into paddy field.

Key words Paddy field; Reclamation years; Soil enzyme activity

三江平原是重要的水稻生产基地,其中草甸土是三江平原主要土壤类型之一,常年种植水稻会使其土壤的物理、化学和生物学性质发生改变,对三江平原水田土壤的耕作有重要影响,又由于三江平原天气严寒、降水集中、地势和坡度低缓等因素,严重威胁农业发展,素有“北大荒”之称^[1]。因此,自20世纪90年代以来,三江平原积极实行大面积的“旱改水”措施,为水稻生产奠定了坚实基础,使“北大荒”逐渐变成了“北大仓”。据统计,三江平原2016年水田种植面积约达2.89万hm²,比2015年新增近3.11万hm²^[2]。与南方相比,三江平原种植水稻的历史较短,水田的不断开辟,为研究水田土壤酶活性的变化规律提供了先决条件。

土壤酶对催化土壤生化反应的生物活性物质有直接影响,与土壤质量、营养物质循环等紧密相关^[3],明确草甸土水田土壤酶活性的演变规律,对三江平原水田的可持续发展有重要意义。尽管有关水田不同垦殖年限对土壤酶活性的变化、关系已有相关研究^[4-6],但大多是对不同耕作制度下进行的研究,而对三江平原不同垦殖年限草甸土水田土壤酶活性的变化规律尚缺乏研究,因此,笔者在前人研究的基础上,以三江平原主要土壤类型草甸土为调查对象,研究水田随垦殖

年限的增加,土壤脲酶、磷酸酶、过氧化氢酶、转化酶活性演变规律,明确草甸水田土壤酶活性的演变特征,为进一步揭示三江平原水田土壤酶的变化方向及相关研究提供基础资料,并为水田的高效合理利用提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 供试土壤采自三江平原黑龙江省东部水稻主产区黑龙江省曙光农场(SG),其位于红兴隆管理局西部、桦南县境内;处于松花江下游完达山余脉延续地带,海拔108~204 m,属寒温带大陆性季风气候,年平均气温2.7℃,有效积温2400~2500℃,全年平均降雨量535.1 mm,无霜期125~135 d,平均日照时数2313.7 h。采样地土壤类型为草甸土;具体概况见表1。

1.2 样品采集 土壤采集时间为2015年10月10日—11月10日水稻收获后,每个采样点随机选取同一土壤类型、水田垦殖年限为0~40年样地5块,样地面积一般在1000 m²以上,在每一块样地中选取3个代表性的位置(即3次重复),挖掘出1 m土壤剖面,确定耕层、犁底层厚度,按土壤耕层(TL)、犁底层(PL)和心土层上部20 cm(SL)采集剖面样品,取各土层鲜样低温保存,用于土壤生物学性质分析。同时以同样方式采集邻近旱田土壤(视为栽培水稻零年的稻田)作为对照。

1.3 样品处理和分析方法

1.3.1 样品处理. 采用常规方法采集土样,并记录土壤深

基金项目 国家科技支撑计划子课题(2015BAD23B05-07);黑龙江省自然科学基金项目(D2018005)。**作者简介** 焦峰(1980—),男,黑龙江大庆人,副研究员,博士,从事土壤和作物营养生理研究。*通信作者,副研究员,博士,从事土壤改良研究。**收稿日期** 2019-06-10; **修回日期** 2019-06-24

度、经纬度、海拔、天气、土壤类型、黑土层厚度、土壤水分状况、土壤颜色、地势、亚铁反应以确保土壤发生层和土壤亚类

的一致性。土壤样品装无菌袋带回实验室后风干、粉碎,过 1 mm 筛后保存样品。

表 1 采样点基本情况

Table 1 Basic situation of tested soil

| 序号 No. | 剖面 编号 Section number | 采样地点 Sampling site | 采样日期 Sampling date | 天气 Weather | 东经(E) East longitude | 北纬(N) North latitude | 地势 Topo- graphy | 厚度 Thickness//cm | | 颜色 Color | | | 亚铁反应 Ferrous reaction | | |
|-----------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------|
| | | | | | | | | 耕层 Top layer | 犁底层 Plough bottom layer | 耕层 Top layer | 犁底层 Plough bottom layer | 心土层 Core layer | 耕层 Top layer | 犁底层 Plough bottom layer | 心土层 Core layer |
| 1 | SG-0 | 3 区 13 站 9-1 号地 | 2015-10-19 | 阴 | 130.418 53° | 46.284 22° | 平坦 | 22 | 17 | 5YR2-1 | 5YR3-1 | 5YR4-2 | 无 | 无 | 无 |
| 2 | SG-6 | 3 区 13 站小号地 | 2015-10-19 | 阴 | 130.407 11° | 46.285 11° | 平坦 | 18 | 4 | 7.5YR3-1 | 7.5YR3-1 | 7.5YR3-1 | 无 | 中度 | 无 |
| 3 | SG-10 | 3 区 13 站 7 号地 | 2015-10-19 | 阴 | 130.412 78° | 46.284 67° | 平坦 | 20 | 5 | 7.5YR3-2 | 7.5YR3-2 | 7.5YR3-2 | 中度 | 中度 | 中度 |
| 4 | SG-23 | 3 区 13 站 10 号地 | 2015-10-20 | 晴 | 130.405 75° | 46.305 00° | 平坦 | 20 | 5 | 7.5YR3-3 | 7.5YR3-3 | 7.5YR3-3 | 中度 | 中度 | 中度 |
| 5 | SG-40 | 3 区 13 站 9-2 号地 | 2015-10-19 | 阴 | 130.402 92° | 46.276 94° | 平坦 | 18 | 6 | 7.5YR3-1 | 7.5YR2-1 | 7.5YR2-2 | 中度 | 中度 | 中度 |

注:剖面编号中数字代表水田种植年限,0 代表未开垦水田的旱田

Note: The numbers represent the planting years of paddy fields, and the 0 represents the dry land of uncultivated paddy fields

1.3.2 分析方法。土壤脲酶活性采用靛酚蓝比色法测定;土壤磷酸酶活性采用改进的苯磷酸二钠法测定;土壤过氧化氢酶活性采用紫外分光光度法测定;土壤转化酶活性采用 3,5 二硝基水杨酸比色法测定^[7]。

1.4 数据分析 试验数据均采用 Microsoft Excel 2016 进行整理和分析。

2 结果与分析

2.1 草甸土水田对土壤脲酶活性的影响 由图 1 可知,草甸土随垦殖年限增加脲酶活性呈降低趋势;从垦殖年限看,草甸土在垦殖为水田第 10 年时脲酶活性均显著降低;从土层看其脲酶活性为耕层大于犁底层;在耕层,草甸土脲酶活性随垦殖年限增加显著降低;在犁底层,草甸土在种稻 20 年后显著下降;在心土层,草甸土脲酶活性随垦殖年限增加呈持续递减趋势。

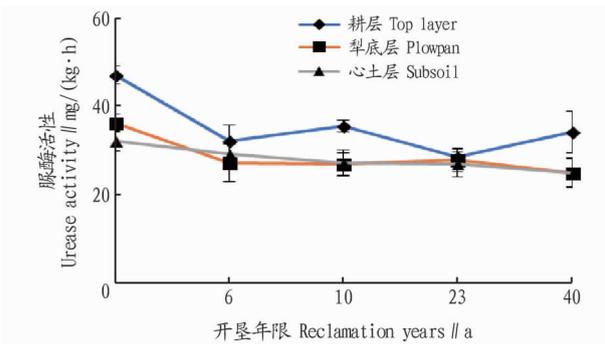


图 1 草甸土垦殖年限对脲酶活性的影响

Fig. 1 Effect of reclamation years of meadow soil on urease activity

2.2 草甸土水田对磷酸酶活性的影响 由图 2 可知,草甸土随垦殖年限增加磷酸酶活性存在差异;从垦殖年限看,垦殖为水田第 10 年时,草甸土耕层磷酸酶活性明显降低;从土层看,在耕层,草甸土均随垦殖年限增加呈降低趋势;在犁底层,草甸土随垦殖年限增加规律性不显著;在心土层,其变化规律基本保持稳定。

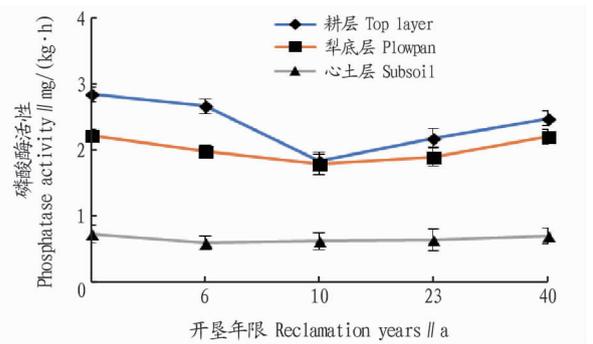


图 2 草甸土垦殖年限对磷酸酶活性的影响

Fig. 2 Effects of reclamation years of meadow soil on phosphatase activity

2.3 草甸土水田对过氧化氢酶活性的影响 由图 3 可知,草甸土随垦殖年限增加过氧化氢酶活性存在差异;从垦殖年限看,与旱田相比,草甸土在垦殖 10 年后,过氧化氢酶活性显著升高;从土层看,犁底层与耕层过氧化氢酶活性表现出高度的一致性,并在 20 年时达到最高值;在心土层,草甸土随垦殖年限增加均呈降低趋势。

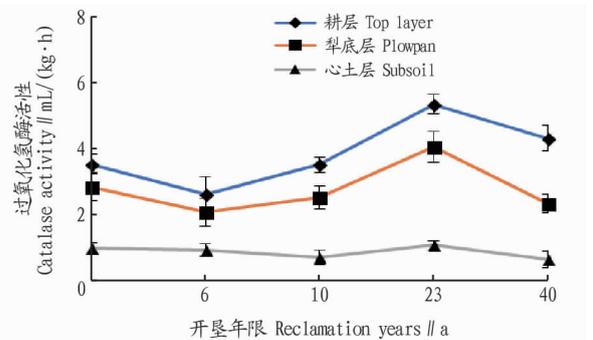


图 3 草甸土垦殖年限对过氧化氢酶活性的影响

Fig. 3 Effects of reclamation years of meadow soil on catalase activity

2.4 草甸土水田对转化酶活性的影响 由图 4 可知,草甸土随垦殖年限增加转化酶活性存在差异;从垦殖年限看,与

旱田相比,草甸土在垦殖 10 年后,各层转化酶活性显著升高;从土层看,在耕层,草甸土随垦殖年限增加呈降低趋势,在犁底层,草甸土耕层转化酶活性变化与犁底层变化趋势相反;在心土层,草甸土基本保持稳定。

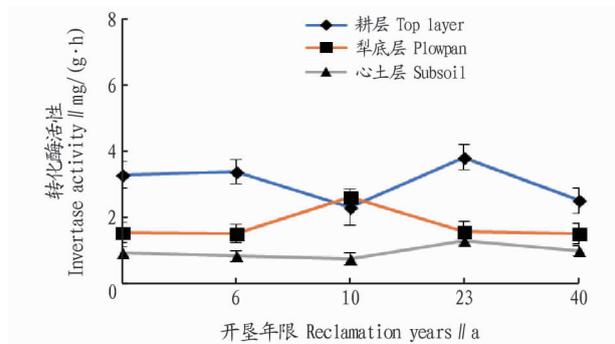


图4 草甸土垦殖年限对转化酶活性的影响

Fig. 4 Effects of reclamation years of meadow soil on invertase activity

3 讨论

该研究表明,草甸土土壤脲酶活性随垦殖年限增加变化趋势不一致,草甸土犁底层脲酶活性在垦殖 10 年时表现增加趋势,这可能与土壤本质属性有关。草甸土发育于冲积母质,成土母质主要有岩石风化的残积物和坡积物,是受地下水或潜水影响的半水成土壤^[8-9],在旱田开垦为水田后,随垦殖年限增加,长期或季节性积水,土壤氮素累积,脲酶活性增加。

从磷酸酶活性变化趋势看,草甸土呈降低趋势,这说明该试验所选择地点草甸土养分受磷酸酶活性影响大,种植水稻后提高了土壤有机磷的供应状况;在种稻第 10 年时,草甸土磷酸酶活性显著降低,这说明水田垦殖年限增加降低了磷酸酶的生物活性,不利于有机磷的分解矿化作用;草甸土犁底层在垦殖第 10 年时,磷酸酶活性呈降低趋势,主要是因为草甸土有机质在犁底层的含量降低,土壤微生物及其活性均较低,因此,土壤磷酸酶活性和数量也均较低,这与于群英^[10]研究结果一致。

从过氧化氢酶活性变化趋势看,草甸土在垦殖为水田第 10 年时耕层和犁底层土过氧化氢酶活性均呈增加趋势,心土层则反之,这主要是由于随垦殖年限增加,过氧化氢酶可提高土壤的解毒作用,促使耕层和犁底层微生物活跃,数量增多,土壤含水量提高,加之地表聚集着大量枯枝落叶,积累了较多腐殖质,有充分的营养源,水热条件和通气状况良好,使微生物生长旺盛,代谢活跃,有利于土壤呼吸和微生物活动,而在心土层,土壤体积质量变大,孔隙度变小,限制微生物正常活动;且有机质含量也随土层加深而下降,土壤通气状况不良,微生物数量减少,限制了土壤生物的代谢产酶能力,从而使耕层和犁底层的过氧化氢酶活性高于心土层,这与刘淑

慧等^[11]的研究结果一致。

从转化酶活性变化趋势看,草甸土在耕层变化特征趋势尤其显著。随垦殖年限增加,草甸土开垦为水田后相较于旱田转化酶活性有显著降低趋势,原因有可能是草甸土本身黑土层较厚,腐殖质含量高,开垦为水田后,水热条件和通气状况改变,腐殖质含量和微生物呼吸强度降低,作为有机物分解的转化酶,其活性必然随之降低^[12]。草甸土犁底层转化酶活性在垦殖第 10 年时均呈增加趋势之后逐渐降低,主要是由于随种植年限的延长,土壤营养状况逐步得到改善,转化酶活性随垦殖年限增加而提高,但由于试验区在开垦为水田前,自然植被种类贫乏,群落结构简单,因此在垦殖初期转化酶活性较高,随年限增长逐渐降低^[13]。总之,水田在垦殖过程中,不仅受土壤酶活性的影响,还受土壤物理性质和化学性质的影响,因此,在今后研究过程中,需要根据不同的土壤理化性质及其他影响因素进行研究,正确了解土壤与水田的规律。

4 结论

草甸土在垦殖为水田后,随垦殖年限增加土壤酶活性存在显著差异。草甸土在各土层随垦殖年限增加脲酶活性均呈下降趋势;草甸土磷酸酶活性在各土层随垦殖年限增加均呈上升趋势;草甸土种稻后过氧化氢酶活性在耕层呈显著增加趋势;草甸土转化酶活性在耕层显著降低。总体而言,随垦殖年限增加,草甸土开垦为水田后,对土壤酶活性有显著影响,不同土壤影响速率不同。

参考文献

- [1] 黑龙江省统计局,国家统计局黑龙江调查总队. 黑龙江统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2016.
- [2] 龚子同,张甘霖,陈志诚. 土壤发生与系统分类[M]. 北京:科学出版,2007.
- [3] YAO X H, MIN H, LÜ Z H, et al. Influence of acetamiprid on soil enzymatic activities and respiration[J]. European journal of soil biology, 2006, 42: 120-126.
- [4] 王巍巍,魏春雁,张之鑫,等. 不同种稻年限盐碱地水田表层土壤酶活性变化及其与土壤养分关系[J]. 东北农业科学, 2016, 41(4): 43-48.
- [5] 王巍巍. 不同种稻年限苏打盐碱地水田土壤酶活性变化及其与养分含量关系[D]. 长春:吉林农业大学,2016.
- [6] 肖永兰,袁正平,张杨珠,等. 不同耕作制对水田土壤酶活性的影响[J]. 湖南农学院学报, 1991, 17(S1): 260-266.
- [7] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京:农业出版社,1986.
- [8] 王东升,张婷,晁宇. 离子强度和离子类型对土霉素在草甸土中被吸附的影响[J]. 生态环境学报, 2014, 23(5): 870-875.
- [9] 黑龙江省土地管理局,黑龙江省土壤普查办公室. 黑龙江土壤[M]. 北京:农业出版社,1992.
- [10] 于群英. 土壤磷酸酶活性及其影响因素研究[J]. 安徽技术师范学院学报, 2001, 15(4): 5-8.
- [11] 刘淑慧,康跃虎,万书勤,等. 松嫩平原盐碱草地主要植物群落土壤酶活性研究[J]. 土壤, 2012, 44(4): 601-605.
- [12] 赵仁竹,汤洁,梁爽,等. 吉林西部盐碱地土壤蔗糖酶活性和有机碳分布特征及其相关关系[J]. 生态环境学报, 2015, 24(2): 244-249.
- [13] 窦超银,康跃虎,莫家玉,等. 地下水浅埋区重度盐碱地滴灌不同种植年限对土壤酶活性的影响[J]. 土壤, 2010, 42(5): 807-814.