

牡丹峰保护区土壤有机质和蛋白酶对海拔梯度及人为干扰的响应

石兰英, 田新民

(牡丹江师范学院, 黑龙江 牡丹江 157011)

摘要: 研究牡丹峰保护区不同海拔梯度土壤有机质含量及蛋白酶活性变化, 探讨人为干扰对其影响。结果表明: 人为干扰降低了土壤有机质含量和蛋白酶活性。其中, 土壤有机质含量随海拔高度升高呈增加趋势, 随取样深度的增加呈下降趋势, 农田显著低于森林土壤, 存在显著差异。土壤蛋白酶活性随海拔高度的升高呈波动上升趋势, 除大豆田土壤高于海拔 350 m 落叶松人工林土壤外, 农田土壤蛋白酶活性均低于森林土壤; 除稻田土壤随取样深度的增加呈增大趋势外, 土壤蛋白酶活性随深度增加均呈下降趋势。相关性分析表明, 海拔 800 m 土壤蛋白酶活性与有机质含量间具显著相关性, 其他均无显著相关关系。

关键词: 土壤有机质; 蛋白酶活性; 海拔; 人为干扰

中图分类号: S158

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)02-0056-03

Response of Soil Organic Matter and Protease to Elevation Gradient and Human Disturbance in Mudanfeng Nature Reserve

SHI Lanying, TIAN Xinmin

(Mudanjiang Normal University, Mudanjiang 157011, China)

Abstract: The changes of soil organic matter content and protease activity at different elevation gradients in Mudanfeng Nature Reserve were studied, and the effects of human disturbance on them were discussed. The results showed that human disturbance reduced soil organic matter content and protease activity. Among them, the content of soil organic matter increased with altitude, decreased with sampling depth, and farmland was significantly lower than forest soil, there were significant differences. Soil protease activity fluctuated with the increase of altitude, which was lower in farmland than that in forest soil. Except that the soil in soybean field was higher than that in larch plantation at altitude of 350 m. The activity of soil protease decreased with the increase of sampling depth except that the soil increased with the increase of sampling depth. The correlation analysis showed that there was a significant correlation between soil protease activity and organic matter content at 800 m elevation, but no significant correlation between other soil protease activities and organic matter content.

Key words: Soil organic matter; Protease activity; Elevation; Human disturbance

土壤有机质含量是反映土壤质量的重要指标, 在改善土壤质量和提高作物生产力等方面具有重要作用^[1]。土壤酶主要来源于植物根系分泌、微生物和土壤动物区系释放以及动植物残体的分解^[2]。其活性反映了土壤生物化学过程的动向和强度, 对营养元素的生物循环、有机物的转化和积累以及腐殖质的合成与分解等有十分重要

作用^[3-9]。土壤蛋白酶是一种重要的胞外酶, 可将大分子蛋白质和含氮物质分解为氨基酸或活性氮, 使其成为植物体可以直接吸收利用的含氮物质^[8-10]。因此, 研究不同海拔土壤有机质及土壤蛋白酶活性, 对土壤质量监控及氮素转化具有重要意义。

牡丹峰自然保护区是以已濒临灭绝的山地云冷杉林和红松阔叶混交林为主要保护对象的国家级自然保护区, 是黑龙江省保存较好的稀有的原始森林之一。对该区不同海拔森林及农田土壤的有机质和蛋白酶活性进行分析, 以为森林土壤环境评价及森林养护提供科学依据。

收稿日期: 2019-11-25

基金项目: 黑龙江省教育厅基本科研业务费项目(1353ZD015)

作者简介: 石兰英(1980-), 女, 副教授, 在读博士, 主要从事植物生态学、土壤地理学及植物地理学方向研究。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

牡丹峰国家级自然保护区地处东经 $129^{\circ}40'30''\sim 129^{\circ}53'50''$, 北纬 $44^{\circ}20'0''\sim 44^{\circ}30'30''$ 。位于黑龙江省牡丹江市市区东南约 15 km 处, 老爷岭山脉西北端, 东与太平岭相接, 西与张广才岭比邻, 海拔 1 117 m, 为老爷岭最高峰。属中低山丘陵地带, 东南逐渐向西北呈放射线状平缓下降, 海拔相对高差近 800 m, 总面积 194.68 km²。该保护区属温和半湿润地区, 为中纬度温带大陆性季风气候, 平均气温 3.6 °C, 最冷月(1月)气温 -18.3 °C, 最热月(7月)气温 21.9 °C, 降水量 542 mm, 主要集中在夏季, 无霜期 131 d。

该区位于温带针阔叶混交林暗棕壤地带, 主要土壤类型有山地暗棕壤、棕色针叶林土、白浆土和沼泽土。该区水平地带性植被为红松阔叶混交林, 垂直地带性植被由上而下可分为山地云冷杉林、红松阔叶混交林、阔叶混交林、蒙古栎林、人工林、农田与沼泽地。

1.2 土样采集与处理

于 2018 年 10 月末, 在牡丹峰国家级保护区南坡对不同海拔梯度土壤进行取样。森林取样海拔梯度为: 350、650、800、950、1 100 m。其中, 350 m 为落叶松人工林, 其他均为次生阔叶林, 土壤类型为山地暗棕壤; 同时于海拔 350 m 的试验区处旱田(玉米田和大豆田)和稻田采样, 土壤类型为

人为土。每个梯度内按垂直高度均匀挖三个剖面, 剖面间距为 50 m 左右, 每个土壤剖面分 0~10 cm、10~20 cm 和 20~30 cm 三个层次取样, 共 24 个土壤剖面, 72 个土样。采样的同时用 GPS 记录采样点经纬度及坡向, 并记录样地林分结构和立地特点, 土壤样品带回实验室, 置于通风清洁无氨气、灰尘等污染的室内自然风干后过筛, 装密封袋保存用于测定。

1.3 分析方法

有机质采用 K₂CrO₇ 氧化还原滴定法测定; 蛋白酶活性采用印三酮比色法测定, 酶活性以 24 h 后 1 g 土壤中甘氨酸的毫克数表示。

1.4 数据处理

采用 SPSS 21.0 软件计算平均值和标准差; 采用单因素方差分析(ANOVA)方法进行不同海拔及土层间土壤蛋白酶活性及有机质含量差异显著性检验; 应用 Pearson 相关分析评价土壤酶活性与有机质间相关关系。采用 Excel 2003 作图。

2 结果与分析

2.1 不同海拔梯度及利用类型土壤有机质含量变化

牡丹峰保护区土壤有机质含量呈现随着海拔高度的升高而升高的趋势, 农田显著低于森林土壤。其中最高值出现在海拔 1 100 m 处(6.761 g/kg), 最低值为玉米田土壤(2.682 g/kg)(图 1)。各种类型土壤有机质含量呈现随着土壤深度的增加而降低

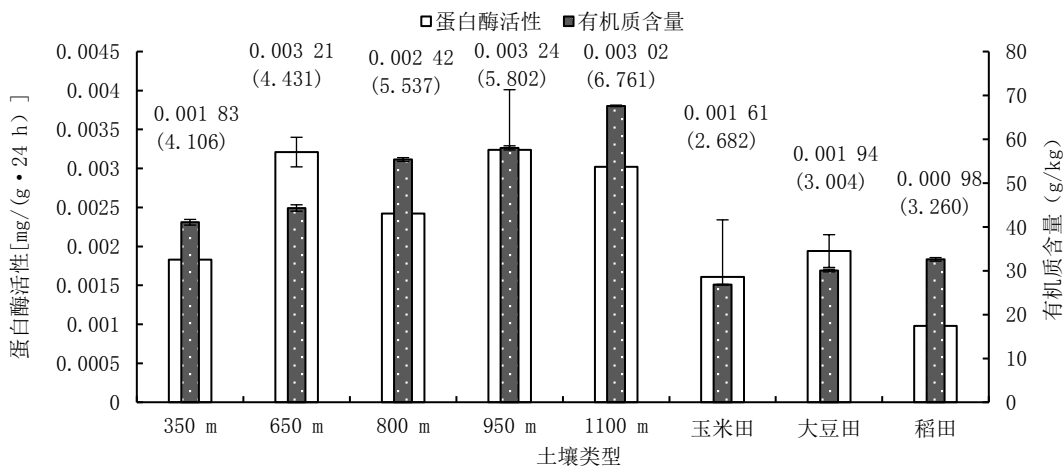


图 1 不同土壤类型土壤蛋白酶活性及有机质含量

的趋势(图 2)。

方差分析结果表明, 不同土壤类型有机质含量差异显著 ($F=31.482, P<0.05, n=24$)。其中, 除稻田与 350 m 落叶松人工林土壤间具显著差异外 ($P<0.05$), 3 种农田土壤与不同海拔森林土壤间

均具有极显著的差异 ($P<0.01$)。但 3 种农田土壤间差异不显著 ($F=2.971, P>0.05, n=9$); 不同海拔梯度森林土壤间存在显著差异 ($F=12.460, P<0.01, n=15$), 其中, 除海拔 350 m 和 650 m 及海拔 800 m 和 950 m 间差异不显著 ($P>0.05$) 外, 不同海

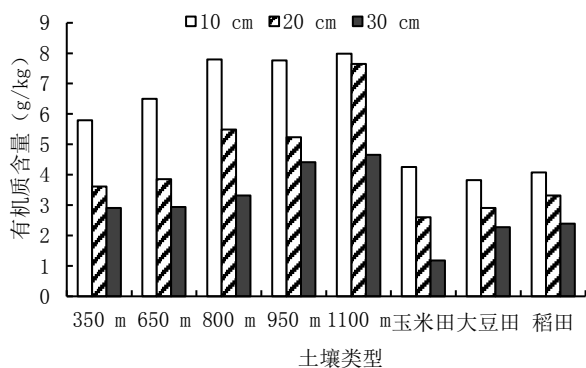


图2 不同土壤类型有机质含量的空间垂直变化

拔梯度森林土壤间均具有显著差异($P < 0.05$)。由此可知,牡丹峰保护区土壤有机质含量与海拔梯度存在积极的响应;人类活动干扰显著降低了土壤有机质含量。

土壤有机质含量呈现随着海拔高度的升高而升高的趋势,分析其原因,可能由于海拔高度的升高,温度呈现降低的趋势,较低的温度减弱了土壤有机质的矿化作用,因而在较高海拔土壤有机质含量较高;人类活动的干扰显著降低了土壤有机质含量,表现出农田土壤有机质含量显著低于森林土壤,分析其原因可能是由于人为耕作不断消耗土壤养分及较低海拔温度相对较高,加快了土壤有机质的分解速率,因而呈现出明显的人为耕作后及低海拔处土壤有机质含量降低的现象;有机质含量随着土壤深度的增加而降低规律符合土壤有机质含量随剖面深度变化的一般规律。

2.2 不同海拔梯度及利用类型土壤蛋白酶活性变化

牡丹峰保护区土壤蛋白酶活性呈现波动变化趋势,高值出现在海拔 650 m[0.003 21 mg/(g·24 h)]、950 m[0.003 24 mg/(g·24 h)]及 1 100 m[0.003 02 mg/(g·24 h)]处,最低值出现在稻田土壤[0.000 98 mg/(g·24 h)](图 1)。除大豆田土壤蛋白酶活性略高于海拔 350 m 外,其他森林土壤蛋白酶活性均高于农田土壤。各种类型土壤蛋白酶活性呈现随土壤深度增加而降低的趋势,仅在稻田土壤中呈现随土壤深度增加而升高的趋势(图 3)。

方差分析结果表明,不同土壤类型土壤蛋白酶活性差异不显著($F = 0.808, P > 0.05, n = 24$)。因此,牡丹峰保护区土壤蛋白酶活性与海拔梯度间不存在显著的响应,人类活动干扰明显降低了土壤蛋白酶活性。

农田土壤蛋白酶活性较低,可能主要与人为耕作对土壤的扰动及养分的流失有关;大豆田相对较高,可能主要由于豆科植物的固氮作用增加了土壤氮的可利用性,使蛋白酶活性较高。稻田土壤随土

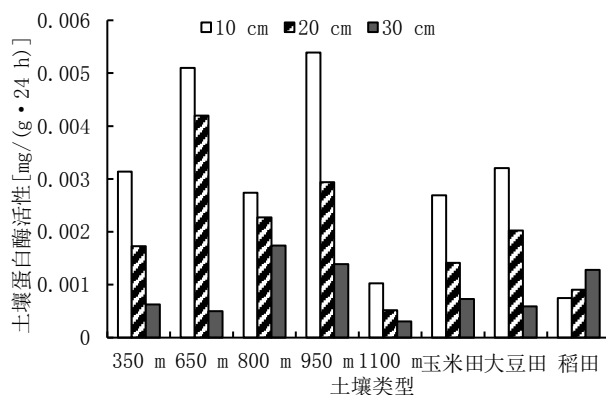


图3 不同土壤类型蛋白酶活性的空间垂直变化

壤深度的增加蛋白酶活性呈现升高的趋势,可能主要与稻田土壤的阶段性的积水环境有关,土壤氧化还原环境交替出现,使土壤潜育化作用加强,提高了较深层次土壤的养分,使蛋白酶活性增强。

2.3 土壤有机质与蛋白酶活性关系分析

酶活性在一定程度上对土壤肥力形成和发展起重要作用,同时可反映土壤肥力水平^[11]。土壤蛋白酶是与土壤有机质转化利用有直接关系的酶^[12]。Pearson 相关分析结果表明,牡丹峰保护区各种土壤蛋白酶活性与有机质含量间无显著的相关性($P > 0.05, n = 24$)。分别对每块样地的相关性进行分析,结果表明,仅在海拔 800 m 处,土壤蛋白酶活性与有机质含量间具显著相关性($P < 0.05$),其他均无显著相关关系($P > 0.05$)。

3 结 论

根据对牡丹峰保护区不同海拔梯度森林和农田土壤有机质含量及土壤蛋白酶活性分析,得到以下结论:

(1)土壤有机质含量随海拔高度的升高呈上升趋势,最高值出现在海拔 1 100 m 处;人为干扰显著降低了土壤有机质含量,农田土壤有机质含量均显著低于森林。不同海拔森林及森林与农田土壤有机质含量间均具有显著差异。随着土壤深度的增加土壤有机质含量呈下降趋势。

(2)土壤蛋白酶活性随海拔高度的升高呈现波动变化趋势,规律不明显。人为干扰降低了土壤蛋白酶活性,除大豆田土壤蛋白酶活性高于海拔 350 m 落叶松人工林土壤外,农田土壤蛋白酶活性均低于森林土壤。随着土壤深度的增加蛋白酶活性呈下降趋势(稻田土壤呈上升趋势)。

(3)海拔 800 m,土壤蛋白酶活性与有机质含量间具显著相关性,其他均无显著相关关系。

(下转第 128 页)

- gestive effluent on two-phase anaerobic digestion process of cow manure [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2011, 42(2):33-38.
- [2] 毕婷婷,尹芳,王翠仙,等.沼肥对我国农业可持续发展重要性研究[J].北方农业学报,2018,46(1):76-80.
- [3] 丁宣玮,顾雪,杨絮崴,等.厌氧发酵沼液的抑菌机理及其对土壤改良作用研究[J].中国农业信息,2015(14):25-26.
- [4] 李然,余雪标,高刘,等.灌溉畜禽粪便沼液肥对辣椒光合作用及产量的影响[J].热带生物学报,2017,8(1):37-41.
- [5] 田晓伟.沼液及不同药剂对温室番茄叶霉病的防效产量比较[J].中国沼气,2016,34(2):79-81.
- [6] 曹云,常志州,马艳,等.沼液处理对土壤辣椒疫霉菌抑制效果及土壤性状的影响[J].农业环境科学学报,2014,33(3):539-546.
- [7] 吴玉红,郝兴顺,崔平,等.沼液浸种对玉米种子萌发及幼苗生长的影响[J].中国沼气,2017,35(5):70-74.
- [8] 王桂良,寇祥明,张家宏,等.沼液替代化肥氮对水稻生长发育及稻米品质的影响[J].生态学杂志,2018,37(9):2672-2679.
- [9] 王卫平,朱凤香,陈晓畅,等.浇灌沼液对鲜食大豆产量、品质及土壤质量的影响[J].浙江农业科学,2013(3):276-278.
- [10] 俞文仙,陈双林,郭子武,等.沼液施肥对毛竹林竹子生长和土壤化学性状的影响[J].东北林业大学学报,2017,45(9):58-61.
- [11] 安韶山,李国辉,陈利顶.宁南山区典型植物根际与非根际土壤微生物功能多样性[J].生态学报,2011,31(18):5225-5234.
- [12] 徐艳玲.不同施入方式对番茄农艺性状及产量的影响[J].中国沼气,2015,33(3):83-86.
- [13] 周静,史向远,王保平,等.沼液营养液对设施西瓜生长的影响[J].北方园艺,2018(3):78-82.
- [14] 杨琦,张本凯,姚玉桂,等.施用沼肥对茄子田节肢动物群落结构与茄子产量的影响[J].中国生态农业学报,2011,19(1):42-46.
- [15] 魏彬萌,韩霖昌,王欢元,等.灌施沼液比例对石灰性土壤性质和辣椒生长的影响[J].中国土壤与肥料,2017(2):42-47.
- [16] 苏正淑,张宪政.几种测定植物叶绿素含量的方法比较[J].植物生理学通讯,1989(5):77-81.
- [17] 张志安,陈展宇.植物生理学试验技术[M].长春:吉林大学出版社,2008:100-108.
- [18] 李合生.植物生理生化试验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:182-185.
- [19] Buege J A, Aust S D. Microsomal lipid peroxidation[J]. Methods in Enzymology 1972, 52: 302-310.
- [20] 贾亮亮,赵京奇,杨晨璐,等.追施沼肥对番茄生长、产量和品质的影响[J].西北农业学报,2017,26(6):897-905.
- [21] 胡英.沼肥对马铃薯生长性状及产量影响的研究[J].吉林农业科学,2014,39(4):35-38.
- [22] 韩春叶,王崇华,田春丽,等.沼液与微肥配合喷施对大棚黄瓜产量及品质的影响[J].北方园艺,2017(3):61-65.
- [23] 何梅,江铮,许建,等.沼液叶面喷施对设施甜瓜产量和植株生理的影响[J].中国农学通报,2018,34(11):24-28.
- [24] Chen G, Zhao G H, Zhang H M, et al. Biogas slurry use as N fertilizer for two-season *Zizania aquatica* Turcz[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2017, 107: 303-320.
- [25] 宫国辉,孙凯,姜淑兰,等.沼肥与化肥对辣椒和番茄生长发育及品质的影响[J].东北农业科学,2017,42(2):34-38.
- [26] 王霞玲.节水灌溉方式对温室土壤水分及黄瓜生长发育的影响[D].长春:吉林农业大学,2016.

(责任编辑:王昱)

(上接第58页)

参考文献:

- [1] Kotroczó Z, Veres Z, Fekete I, et al. Soil enzyme activity in response to long-term organic matter manipulation[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2014, 70(2):237-243.
- [2] Marx M C, Wood M, Jarvis S C. A microplate fluorimetric assay for the study of enzyme diversity in soils [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2001, 33(12/13):1633-1640.
- [3] 高惠民.农业土壤管理[M].北京:中国农业科技出版社,1988:107-123.
- [4] 郭华,陈俊任,钟斌,等.毛竹根际与非根际土壤重金属、理化性质及酶活性特征[J].生态学报,2017,37(18):6149-6156.
- [5] Angle J S, Baker A J, Whiting S N, et al. Soil moisture effects on uptake of metals by *Thlaspi*, *Alyssum* and *Berkheya*[J]. Plant and soil, 2003, 256(2): 325-332.
- [6] Caldwell B A. Enzyme activities as a component of soil biodiversity: A review[J]. Pedobiologia, 2005, 49(6): 637-644.
- [7] Tabatabal M A. Enzymes in the Environment[M]. New York: Marcel Dekker, 2002: 567-595.
- [8] 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.
- [9] 王阳,赵兰坡,朱孟龙,等.长期单施化肥对土壤有机质的影响[J].吉林农业科学,2015,40(1):45-50.
- [10] 蔡红,沈仁芳.改良茛三酮比色法测定土壤蛋白酶活性的研究[J].土壤学报,2005,42(2):306-313.
- [11] 李勇.试论土壤酶活性与土壤肥力[J].土壤通报,1989,20(4):190-193.
- [12] 李鹏程,董合林,刘敬然,等.棉田土壤酶活性对尿素用量的响应[J].棉花学报,2015,27(6):542-549.

(责任编辑:刘洪霞)