

不同土地利用方式下土壤酶活性的变化研究

许 江^{1,2}, 戴慧敏^{1,2}, 刘国栋^{1,2}, 宋运红^{1,2}

1. 中国地质调查局 沈阳地质调查中心, 辽宁 沈阳 110034;

2. 中国地质调查局 黑土地演化与生态效应重点实验室, 辽宁 沈阳 110034

摘 要: 选择黑龙江省海伦市相邻耕地和林地作为研究对象, 分析了土地利用方式、土壤深度以及部分地球化学特征等对土壤中蔗糖酶、脲酶、过氧化物酶活性的影响。结果表明: 蔗糖酶受土壤深度影响较为明显, 表层土壤中蔗糖酶活性显著高于深层土壤, 而与土地利用方式无关; 脲酶受土壤深度影响较小, 但土地利用方式对其影响较大, 如种植大豆可以显著提升土壤脲酶的活性, 除此之外脲酶活性还受土壤黏粒含量的影响; 过氧化物酶活性主要受控于土壤有机碳的含量, 受土壤深度影响较小, 但深层林地土壤中过氧化物酶活性显著高于深层耕地土壤。

关键词: 土地利用方式; 土壤酶; 蔗糖酶; 脲酶; 过氧化物酶; 黑龙江省

开放科学标志码(OSID):



DOI: 10.13686/j.cnki.dzyzy.2020.06.012

STUDY ON THE CHANGES OF SOIL ENZYME ACTIVITY UNDER DIFFERENT LAND USE TYPES

XU Jiang^{1,2}, DAI Hui-min^{1,2}, LIU Guo-dong^{1,2}, SONG Yun-hong^{1,2}

1. Shenyang Center of China Geological Survey, Shenyang 110034, China;

2. Key Laboratory of Black Land Evolution and Ecological Effects, CGS, Shenyang 110034, China

Abstract: Focusing on the cultivated land and forest land in Hailun City of Heilongjiang Province, the paper analyzes the effects of land use types, soil depth and some geochemical characteristics on the activity of soil sucrase, urease and peroxidase. The results show that sucrase is significantly affected by soil depth, with the sucrase activity in surface layer obviously higher than that in deep layer, but not by land use types; while urease is less affected by soil depth than by land use types. Therefore soybean planting can drastically increase soil urease activity. Besides, urease activity is also affected by soil clay content. The peroxidase activity is mainly controlled by soil organic carbon (SOC) content, with less affection by soil depth, but the peroxidase activity in deep soil of forestland is significantly higher than that of cultivated land.

Key words: land use type; soil enzyme; sucrase; urease; peroxidase; Heilongjiang Province

0 引言

土壤酶是土壤的重要组成部分, 在土壤有机质分

解和养分循环等生物化学过程中起着非常重要的催化作用^[1]。土壤酶活性的强弱能够影响作物吸收养分的

收稿日期: 2020-08-31; 修回日期: 2020-09-20. 编辑: 黄欣、张哲.

基金项目: 中国地质调查局项目“东北黑土地 1:25 万土地质量地球化学调查”(编号 121201007000161312).

作者简介: 许江(1988—), 男, 博士, 工程师, 从事地球化学调查与评价工作, 通信地址 辽宁省沈阳市皇姑区黄河大街 280 号, E-mail://bestyjiang@126.com

有效性,是土壤肥力和健康程度的一个重要指标^[2-7],土壤中酶活性主要受土壤理化性质和管理方式等因素的影响^[7-8],研究表明,有机质能增加土壤酶活性、改善土壤结构、提高作物产量^[9],不合理的土地利用会改变土壤中植物残体和腐殖质的状况,进而影响土壤酶的活性^[10-11]。

东北黑土地是世界三大黑土地之一,具有较高的自然肥力,理化性状较好,垦殖指数在 80%以上,是我国重要的商品粮生产基地,对保障我国的粮食安全起着举足轻重的作用,但由于长期过度垦殖和落后的经营管理,黑土质量退化严重,目前黑土质量已成为国内研究的重点课题之一,但其中研究多指向土壤的物理和化学性质,而从生态学的角度出发,比较不同生态系统的生物和生物化学过程,以揭示黑土质量退化机制的研究报道较少^[12]。

李东坡等^[13]通过吉林省农业科学院黑土肥力长期定位研究表明,不同的肥料管理方式对黑土微生物量和几种土壤酶活性影响较大,王树起^[14]等在中科院海伦农业生态实验站长期定位实验基础上,得出了长期施用化肥和有机肥均可不同程度地提高蔗糖酶和脲酶的活性,而对过氧化物酶活性的影响微弱,前人通过大量的监测^[15-18]认为农药的使用对土壤蔗糖酶、脲酶和过氧化物酶活性均产生不同程度的影响,王光华等^[19]研究了不同管理方式对黑土土壤微生物量碳和土壤酶活性的影响,结果表明表层土壤微生物量碳和土壤酶活性均表现为自然恢复>种植作物>休闲裸地;土壤全碳和全氮、土壤全碳和微生物量碳、土壤微生物量碳和土壤酶活性之间都存在极显著的正相关关系;土壤酶活性和土壤微生物量碳两项指标表明在自然恢复条件下黑土土壤质量较好,种植方式^[20]、农作物种类^[21-22]、土壤类型^[23-24]等因素对土壤酶活性也具有重要的影响,本文旨在研究调查区内土地利用方式及主要理化指标对土壤酶活性的影响。

1 研究区概述

研究区位于黑龙江省绥化海伦市(47°26' N,126°38' E),平均海拔 234 m,属温带大陆性季风气候,冬季寒冷干燥,夏季高温多雨,雨热同季,全年降水量 500~600 mm,其中 80%以上集中在 5~9 月,年平均气温 1.5℃,无霜期 120~130 d,研究区自然植被为草原

化草甸杂草,农作物以水稻、大豆、玉米为主。

2 研究方法

2.1 样品的采集

本次工作于 2019 年 7 月在海伦市设计了 11 个土壤样品采集点,除 PM1921 为单独的松树林外,其余采样点都为相邻耕地和林地成对设计,其中剖面编号奇数为林地,偶数为耕地,位置见图 1。表层和深层土壤地球化学样分别采集自深度 0~10 cm 和 10~20 cm,在距地表 5~10 cm 和 15~20 cm 分别采集表层和深层土壤酶活性土样。

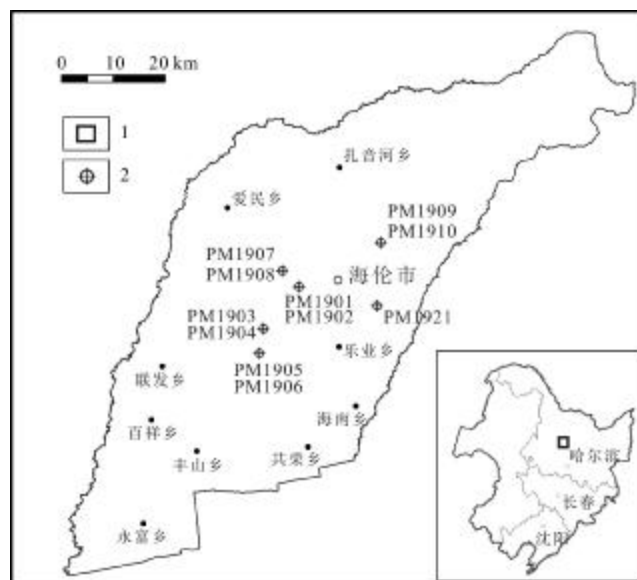


图 1 海伦市土壤样品采集点位置图

Fig. 1 Soil sampling sites in Hailun City

1—研究区位置(study area); 2—样品采集点(sampling site)

2.2 土壤酶活性测定

蔗糖酶酶解生成的还原糖可以与 3,5-二硝基水杨酸共热反应而生成橙色的 3-氨基-5-硝基水杨酸,在一定范围内还原糖的量和反应液的颜色深度成正比,本文利用可见光分光光度计测定还原糖含量来表示蔗糖酶的活性,单位用 $10^{-3}/d$ 表示,为消除土壤中原有的蔗糖、葡萄糖引起的误差,每一土样需做无基质对照,整个实验均作了无土壤对照。

脲酶可以水解尿素产生 NH_3-N ,实验中利用可见光分光光度计测定脲酶在 37℃ 环境下酶解产生的 NH_3-N 含量来表示土壤脲酶活性,单位为 $10^{-6}/d$ 。

过氧化物酶(POD)在过氧化氢存在下催化新型灵

敏无毒显色剂生成有色物质,后者在 650 nm 处有最大光吸收,本次实验通过监测吸光度的变化来得出酶活性.本实验中将每克土样在 37 ℃环境中每小时在反应体系中使 650 nm 处吸光值增加 0.1 为一个酶活力单位,用 $\Delta OD\ 650/(h \cdot g)$ 表示.

3 结果与分析

3.1 蔗糖酶

土壤蔗糖酶又叫转化酶,是土壤酶中的一种重要的酶类,其酶促作用产物——葡萄糖是植物、微生物的营养源,直接关系到作物的生长^[25-26].

对取样位置接近而土地利用方式不同的采样点进行比较可知:PM1901/PM1902 和 PM1905/PM1906 两组样品中林地蔗糖酶活性高于耕地;而 PM1903/PM1904 和 PM1907/PM1908 两组结果指示林地蔗糖酶活性低于耕地(图 2).由此可以看出,土地利用方式并不是决定土壤中蔗糖酶活性的主要因素.除 PM1910 和 PM1921 外,其他采样点表层土壤蔗糖酶活性均高于深层土壤.通过对比表层和深层土壤蔗糖酶的活性可以发现,相较于林地区,耕地区表层和深层土壤蔗糖酶活性更为接近.人类每年的翻耕可能是造成这一现象的主要原因.

3.2 脲酶

土壤脲酶是由简单蛋白质构成的生物催化剂,一般认为是由土壤中的微生物产生的,是存在于土壤中

能催化尿素分解、具有氨化作用的高度专一性的一类好气性水解酶^[27].

除位于大豆地中的 PM1908 样品脲酶活性显著高于邻近 PM1907 样品外,其余相邻采样点土壤脲酶活性基本相当(图 3).就表层土壤而言,耕地样品 PM1902、PM1904 和 PM1908 脲酶活性高于相邻林地样品 PM1901、PM1903 和 PM1907;而耕地样品 PM1906 和 PM1910 土壤脲酶活性低于相邻林地样品 PM1905 和 PM1909.相邻耕地和林地剖面深层土壤脲酶活性也没有表现出明显的差别.由此可以看出,种植大豆可以显著地增加表层和深层土壤脲酶的活性,除此之外土地利用方式的不同并不能引起土壤脲酶活性的显著变化.

由表 1 可以看出,土壤脲酶活性与多种物理化学有一定相关性.其中土壤黏粒的含量与脲酶活性之间的相关性最为明显,黏粒含量较多的土样中脲酶的活性也相对较高,黏粒含量较少的土样中的脲酶活性也相对较低.有机质对脲酶的活性也具有一定的影响,有机质含量较高的采样点脲酶活性也相对较高,反之亦然.这与前人关于土壤脲酶活性的研究结论较为一致.有研究指出 pH 值对土壤脲酶的活性具有显著的影响^[28],而本次测试结果该特征并不明显,这可能与研究区土壤均以弱酸性为主,pH 值波动较小有关.

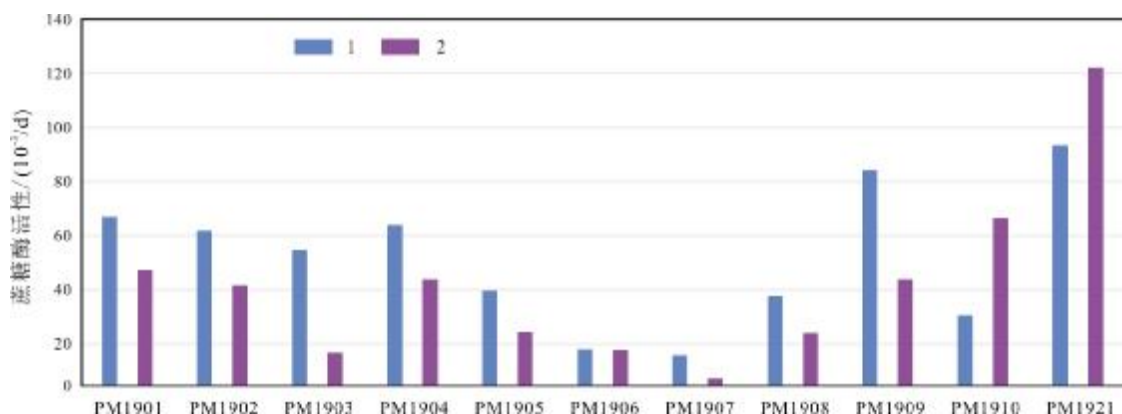


图 2 不同土地利用方式土壤蔗糖酶活性比较

Fig. 2 Comparison of soil sucrase activity by land use types

1—表层土壤(surface soil); 2—深层土壤(deep soil); PM1901、PM1903、PM1907、PM1909 采自杨树林(samples from poplar forest); PM1905、PM1921 采自松树林(samples from pine forest); PM1902、PM1904、PM1906、PM1910 采自玉米地(samples from corn field); PM1908 采自大豆地(sample from soybean field)

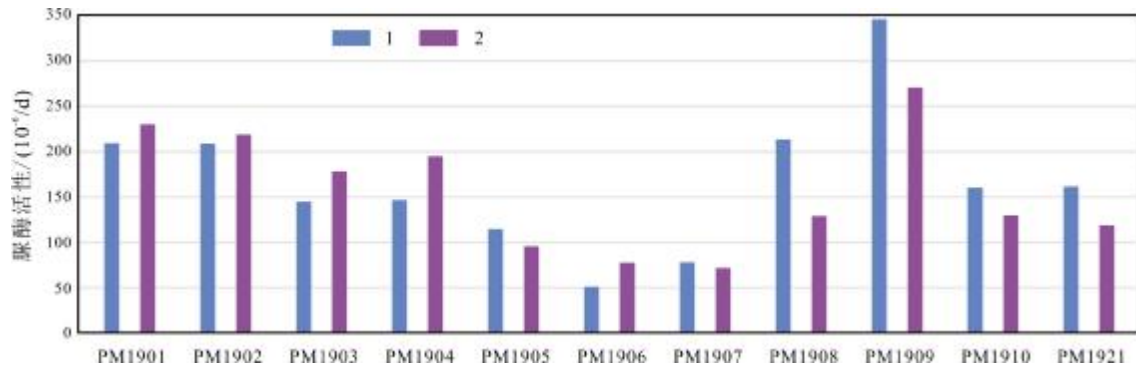


图 3 不同土地利用方式土壤脲酶活性比较

Fig. 3 Comparison of soil urease activity by land use types

1—表层土壤(surface soil); 2—深层土壤(deep soil); PM1901、PM 1903、PM1907、PM1909 采自杨树林(samples from poplar forest); PM1905、PM1921 采自松树林(samples from pine forest); PM1902、PM1904、PM1906、PM1910 采自玉米地(samples from corn field); PM1908 采自大豆地(sample from soybean field)

表 1 土壤脲酶活性与理化指标

Table 1 Soil urease activity and physicochemical indexes for samples

土地利 用方式	样品 编号	脲酶活性/ (10 ⁻⁶ /d)	C _{org} /10 ⁻²	pH	CaO 含量/ 10 ⁻²	砂粒含量/ 10 ⁻³	黏粒含量/ 10 ⁻³
杨树林	PM1909	308.31	3.92	6.26	1.62	75.75	293.4
杨树林	PM1901	219.86	3.23	6.49	1.52	94.41	311.76
玉米地	PM1902	213.85	3.14	6.56	1.44	68.09	341.56
大豆地	PM1908	171.29	1.88	6.42	1.36	96.17	212.46
玉米地	PM1904	170.7	2.97	6.35	1.53	66.48	247.67
杨树林	PM1903	161.79	2.49	6.65	1.47	74.19	258.47
玉米地	PM1910	144.93	2.28	6.11	1.42	69.53	283.37
松树林	PM1921	139.52	2.17	5.91	1.32	69.07	265.18
松树林	PM1905	105.08	1.86	6.55	1.29	97.38	182.3
杨树林	PM1907	75.17	2.47	6.4	1.36	86.15	229.59
玉米地	PM1906	64.7	1.77	6.2	1.23	92.74	214.77

3.3 过氧化物酶

过氧化物酶是以过氧化氢为电子受体催化底物氧化的酶,是由微生物或植物所产生的一类氧化还原酶,它们能催化很多反应.

由图 4 可以看出,表层土壤和深层土壤中过氧化物酶活性并无显著的差别.就表层土样而言,林地样品 PM1901、PM1903、PM1907 过氧化物酶活性高于相邻耕地样品,而 PM1905、PM1909 林地土壤过氧化物酶活性低于相邻耕地,即耕作与否对表层土壤过氧化物酶活性影响并不明显.不同于表层土壤,深层土壤

过氧化物酶活性普遍显示出林地高于耕地的特征.

通过对比过氧化物酶活性平均值与土样的物理化学指标可以发现,与酶活性最相关的因素为土壤有机质含量(表 2).通常而言,有机质含量较高的土壤中过氧化物酶活性也越高,此规律对深层土壤样品而言更加有效.

表 2 土壤过氧化物酶活性与主要理化性质

Table 2 Soil peroxidase activity and physicochemical indexes for samples

土地利用方式	样品编号	过氧化物酶活性/ (ΔOD 650/h/g)	C _{org} /10 ⁻²	pH	黏粒含量/ 10 ⁻³
杨树林	PM1901	586.98	3.23	6.49	311.76
玉米地	PM1902	482.70	3.14	6.56	341.56
杨树林	PM1909	459.85	3.92	6.26	293.40
杨树林	PM1903	429.09	2.49	6.65	258.47
玉米地	PM1910	378.42	2.28	6.11	283.37
玉米地	PM1904	359.54	2.97	6.35	247.67
松树林	PM1921	341.33	2.17	5.91	265.18
杨树林	PM1907	320.26	2.47	6.4	229.59
大豆地	PM1908	293.66	1.88	6.42	212.46
松树林	PM1905	287.64	1.86	6.55	182.30
玉米地	PM1906	231.98	1.77	6.2	214.77

4 结论

综合上述分析与结果可得,同种土地利用方式下表层蔗糖酶活性高于深层土壤,而脲酶和过氧化物酶

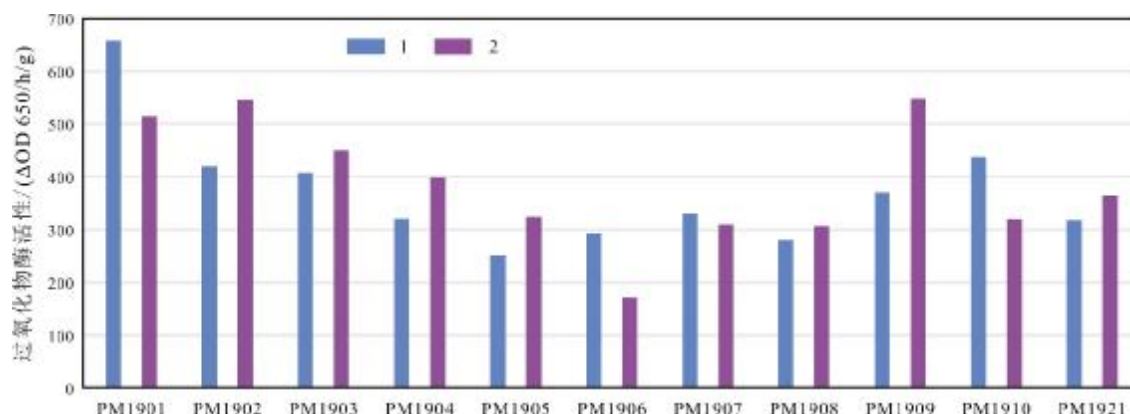


图4 不同土地利用方式土壤过氧化物酶活性比较

Fig. 4 Comparison of soil peroxidase activities by land use types

1—表层土壤(surface soil); 2—深层土壤(deep soil); PM1901、PM1903、PM1907、PM1909 采自杨树林(samples from poplar forest); PM1905、PM1921 采自松树林(samples from pine forest); PM1902、PM1904、PM1906、PM1910 采自玉米地(samples from corn field); PM1908 采自大豆地(sample from soybean field)

则不受土壤深度的影响; 种植大豆可以显著增加土壤脲酶活性, 可能与大豆根系较强的固氮能力有关; 表层土壤过氧化物酶活性不受土地利用方式影响, 而深层土壤则显示出林地高于耕地的特征; 蔗糖酶活性与土地利用方式无关, 然而耕地区表层和深层蔗糖酶较于林地则显示出明显的均一性, 这可能与耕地每年翻耕作用有关; 土壤脲酶活性与土壤黏粒含量具有较强的正相关性, 而深层土壤过氧化物酶活性随着土壤有机碳含量的增加而增强。

参考文献:

- [1] Allison V J, Condron L M, Peltzer D A, et al. Changes in enzyme activities and soil microbial community composition along carbon and nutrient gradients at the Franz Josef chronosequence, New Zealand[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2007, 39(7): 1770–1781.
- [2] Ajwa H A, Dell C J, Rice C W. Changes in enzyme activities and microbial biomass of tallgrass prairie soil as related to burning and nitrogen fertilization[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1999, 31(5): 769–777.
- [3] Zornoza R, Guerrero C, Mataix-Solera J, et al. Assessing air-drying and rewetting pre-treatment effect on some soil enzyme activities under Mediterranean conditions[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2006, 38(8): 2125–2134.
- [4] Max 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.
- [5] Dick R P. Soil enzyme activities as indicators of soil quality[C]//Doran J W, Coleman D C, Bezdicek D F, et al. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Madison WI: American Society of Agronomy, 1994: 107–124.
- [6] 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(2): 120–126.
- [7] 樊军, 郝明德. 黄土高原旱地轮作与施肥长期定位试验研究——I. 长期轮作与施肥对土壤酶活性的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2003, 9(1): 9–13.
- [8] 樊军, 郝明德. 黄土高原旱地轮作与施肥长期定位试验研究 II. 土壤酶活性与土壤肥力[J]. *植物营养与肥料学报*, 2003, 9(2): 146–150.
- [9] Martens D A, Johanson J B, Frankenberger W T Jr. Production and persistence of soil enzymes with repeated addition of organic residues[J]. *Soil Science*, 1992, 153(1): 53–61.
- [10] Chantigny M H, Angers D A, Beauchamp C J. Active carbon pools and enzyme activities in soils amended with de-inking paper sludge[J]. *Canadian Journal of Soil Science*, 2000, 80(1): 99–105.
- [11] Mastro R E, Chhonkar P K, Singh D, et al. Changes in soil biological and biochemical characteristics in a long-term field trial on a sub-tropical inceptisol[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2006, 38(7): 1577–1582.
- [12] 王树起, 韩晓增, 乔云发, 等. 不同土地利用和施肥方式对土壤酶活性及相关肥力因子的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2009, 15(6): 1311–1316.
- [13] 李东坡, 武志杰, 陈利军, 等. 长期不同培肥黑土磷酸酶活性动态变化及其影响因素[J]. *植物营养与肥料学报*, 2004, 10(5): 550–553.
- [14] 王树起, 韩晓增, 乔云发, 等. 长期施肥对东北黑土酶活性的影响[J]. *应用生态学报*, 2008, 19(3): 551–556.
- [15] 杨春璐, 孙铁珩, 和王祥, 等. 农药对土壤脲酶活性的影响[J]. *应用生态学报*, 2006, 17(7): 1354–1356.

- [16] 闫颖. 五种农药对土壤酶活性影响的研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2004.
- [17] 王艳. 不同有机物料对有机磷农药污染土壤酶活性及土壤微生物量的影响[J]. 生态环境学报, 2014, 23(7): 1205-1209.
- [18] 闫雷, 李晓亮, 秦智伟, 等. 农药对土壤酶活性影响的研究进展[J]. 农机化研究, 2009, 31(11): 223-226.
- [19] 王光华, 金剑, 韩晓增, 等. 不同土地管理方式对黑土土壤微生物量碳和酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2007, 18(6): 1275-1280.
- [20] 王树起, 韩晓增, 乔云发, 等. 寒地黑土大豆轮作与连作不同年限土壤酶活性及相关肥力因子的变化[J]. 大豆科学, 2009, 28(4): 611-615.
- [21] 李文凤, 房翠翠, 牛玉昊, 等. 高原地区不同农作物土壤酶活性与土壤养分关系研究[J]. 北方园艺, 2014, 38(12): 159-161.
- [22] 刘岚君, 何季, 文雪峰. 间作不同农作物对刺梨园土壤微生物类群及酶活性的影响[J]. 山地农业生物学报, 2019, 38(6): 8-13, 42.
- [23] 徐华勤, 章家恩, 冯丽芳, 等. 广东省典型土壤类型和土地利用方式对土壤酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(6): 1464-1471.
- [24] 陈大勋. 福建省几种土壤类型酶活性的研究[J]. 福建农学院学报, 1986, 15(1): 78-85.
- [25] Tu C M. Effect of four experimental insecticides on enzyme activities and levels of adenosine triphosphate in mineral and organic soils[J]. Journal of Environmental Science and Health, Part B, 1990, 25(6): 787-800.
- [26] 闫颖, 袁星, 樊宏娜, 等. 五种农药对土壤转化酶活性的影响[J]. 中国环境科学, 2004, 24(5): 588-591.
- [27] 王天元, 宋雅君, 滕鹏起. 土壤脲酶及脲酶抑制剂[J]. 化学工程师, 2004, 18(8): 22-24.
- [28] 王涵, 王果, 黄颖颖, 等. pH 变化对酸性土壤酶活性的影响[J]. 生态环境, 2008, 17(6): 2401-2406.

(上接第 608 页/Continued from Page 608)

- [12] Carter D L, Brown M J, Robbins C W. Selenium concentrations in alfalfa from several sources applied to a low selenium, alkaline soil [J]. Soil Science Society of America, 1969, 33(5): 715-718.
- [13] 李辉勇. 土壤溶液中硒的价态变换及其影响因素[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2001, 27(2): 139-142.
- [14] 马凤娟, 姬丙艳, 沈骁, 等. 青海东部地区植物富硒特征及影响因素[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(13): 1-4.
- [15] 张光弟, 葛晓立, 张绮玲, 等. 湖北恩施硒中毒区土壤硒的分布及其控制因素[J]. 中国地质, 2001, 28(9): 37-40, 36.
- [16] 杨良策, 李明龙, 杨廷安, 等. 湖北省恩施市表层土壤硒含量分布特征及其影响因素研究[J]. 资源环境与工程, 2015, 29(6): 825-829, 848.
- [17] 王松山, 梁东丽, 魏威, 等. 基于路径分析的土壤性质与硒形态的关系[J]. 土壤学报, 2011, 48(4): 823-830.
- [18] 陈显著, 李就好. 广州市土壤硒含量的分布及其影响因素研究[J]. 福建农业学报, 2016, 31(4): 401-407.
- [19] 杨忠芳, 余涛, 侯青叶, 等. 海南岛农田土壤 Se 的地球化学特征[J]. 现代地质, 2012, 26(5): 837-849.
- [20] 王月平, 张立, 崔玉军, 等. 宝清县东部土壤硒含量特征及其与土壤性质的关系[J]. 物探与化探, 2019, 43(4): 904-911.
- [21] 张立, 刘国栋, 吕石佳, 等. 黑龙江省海伦市农耕地土壤硒分布特征及影响因素[J]. 现代地质, 2019, 33(5): 1046-1054.