

珠穆朗玛峰北坡土壤过氧化氢酶与蔗糖酶活性研究*

罗英 孙辉[†] 唐学芳 唐亚

(四川大学环境科学与工程系, 成都 610065)

VARIATIONS OF SOIL CATALASE AND INVERTASE IN ACTIVITY WITH ALTITUDE ALONG THE NORTH SLOPE OF MT. EVEREST

Luo Ying Sun Hui[†] Tang Xuefang Tang Ya

(Department of Environmental Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

关键词 土壤过氧化氢酶; 土壤蔗糖酶; 土壤有机质; 珠峰北坡; 土壤酶活性
中图分类号 S154.2; X171 文献标识码 A

土壤酶主要源于土壤微生物代谢过程, 以及土壤动物、植物根系分泌及残体分解^[1, 2], 土壤酶活性反映土壤生物活性和土壤生化反应强度^[3]。土壤酶活性与土壤物理特征(土壤水分、土壤温度、土壤空气、土壤团聚体)、有机质、pH、土壤微生物及土壤类型等关系密切^[4]。环境因子如温度和湿度的变化、酸雨和臭氧等污染对土壤酶活性的影响也很大^[5, 6], 因而土壤酶活性也可作为监测环境变化和污染对土壤质量影响的生物活性指标。此外, 由于土壤酶活性与土壤碳、氮循环密切相关^[7], 因此土壤酶活性的研究常常还与全球气候变化相联系。

目前土壤酶研究多集中在耕作土壤、草原土壤和森林土壤^[8-11]。珠穆朗玛峰(以下简称珠峰)所在的青藏高原是除南北极之外的地球第三极, 对全球气候变化非常敏感, 是无(少)人类干扰的背景区域和全球环境变化研究的热点, 土壤酶活性在生态和环境方面又具有很重要的指示意义^[6], 但土壤酶在珠峰这样的高海拔地带的特性及其影响因子等方面的报道还不多见。由于对高山生态系统土壤酶活性的研究较少, 为揭示高海拔地区土壤生物过程及其与其他地区的异同, 以及全球变化对土壤生态系统的影响, 对珠峰地区北坡高海拔地带(4 400 ~ 5 550 m)土壤过氧化氢酶、蔗糖酶活性、有机质状况

随着海拔高度的变化规律等方面进行了研究。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

研究区域分属高原寒冷半干旱带(4 000 ~ 5 000 m)和高山寒冻带(5 000 ~ 6 000 m)两个气候带^[12]。高原寒冷带在一年之中无霜期 120 ~ 40 d, 年平均气温 3.0 ~ - 4.0 左右, 6月至9月平均气温在 12.0 ~ 5.0 之间, 最热月的平均气温在 13.0 ~ 6.0 之间, 日均温 ≥ 5 持续期间的积温可达 2 000 ~ 400, 干燥度为 1.0 ~ 0.4, 最冷月平均气温为 - 5.0 ~ - 16, 月积温 < 0 有 5 ~ 7 个月, 该气候带的年降水量为 200 ~ 300 mm, 其中 6月至9月约占全年降水量的 90% ~ 95%, 上段有雪。在这种气候条件下, 分布着高原寒冷半干旱草原带, 主要发育着高原草原土, 其全剖面呈碱性反应(pH 7.7 ~ 8.5), pH 由土壤剖面上层至下层随着碳酸钙含量的增加而增高, 土壤有机质的好气分解占优势, 积累较少, 但由于气候寒冷, 仍有植物有机体的积累^[12]。

高山寒冻带的无霜期小于 40 d, 年平均气温 - 4.0 ~ - 10.0 左右, 6月至9月平均气温为 5.0 ~ - 5.0, 日均温 ≥ 5 持续期间的积温小于 400,

* 国家重点基础研究发展规划项目(2005CB422006)、中国科学院知识创新重点方向项目(KZCX3-SW-339)资助

[†] 通讯作者, E-mail: sunhuifiles@gmail.com

作者简介: 罗英(1981~), 女, 硕士研究生, 主要从事环境生态研究。E-mail: yluo1@163.com

收稿日期: 2006-07-04; 收到修改稿日期: 2006-11-13

干燥度约 0.4 左右,最冷月平均气温在 $-16.0 \sim -22.0$ 之间,月积温 <0 的月数大于 7,年降水量为 300~600 mm,在该气候带内多降雪或雨雪交加,经常见融冻交替。在这种气候条件下,主要分布着高山寒冻草甸垫状植被带(5 000~5 600 m)和高山寒冻冰碛地衣带(5 600~6 000 m)^[12]。在高山寒冻草甸垫状植被带主要发育着高山草甸土,其土壤有机质含量较高原草原土高,土壤表层有机质的积累较少,至下层迅速降低,一般只在植物根附近见到一些分解得很不充分的植物残体,除有土壤动物粪便形成的微颗粒状腐殖质相对聚集外,其他腐殖质形态极为少见且非常分散,在土壤中也未发现真菌,土壤呈中性-弱碱性反应(pH6.5~7.5),黏土含量也低^[12];高山寒冻冰碛地衣带发育着高山寒冻冰碛土,其质地粗疏,土壤发育主要受冰碛物影响,相当原始^[12]。

1.2 研究方法

1.2.1 样品采集与保存 在珠峰北坡海拔 4 400~5 550 m 之间,沿着绒布河(图 1) 每间隔 50 m 高度布点 23 个,其中每一海拔高度的点位设 3 个重复采样,每个土样均取同一海拔有植物生长的 5~8 个点土壤混合,深度为 0~20 cm,共采集 69 个土壤样品。采集后的土样密封低温保存,带回实验室中 4℃ 恒温密封保存,并尽快完成土壤酶分析。分析前土样过 1 mm 筛除掉砾石、植物根和凋落物等。



图 1 珠峰土壤采样点位图

注:图中圆点为沿绒布河的采样点

各采样点位置如图 1 所示,各采样点土壤含水

量情况见表 1。

表 1 各采样点土壤含水量

海拔(m)	土壤含水量(g kg ⁻¹)	海拔(m)	土壤含水量(g kg ⁻¹)
4 400	253	5 050	498
4 500	267	5 100	415
4 550	201	5 150	301
4 600	358	5 200	303
4 650	396	5 250	352
4 700	474	5 300	337
4 750	413	5 350	331
4 800	430	5 400	366
4 850	405	5 450	358
4 900	443	5 500	363
4 950	459	5 550	409
5 000	442		

1.2.2 分析方法 土壤过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法测定^[4],结果以 1 min 后 1 g 土壤消耗 0.02 mol L⁻¹高锰酸钾的用量(ml)表示;土壤蔗糖酶活性采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定^[4],结果以 1 h 后 1 g 土壤消耗葡萄糖的量(mg)表示。土壤含水量采用烘干法^[13]测定;土壤有机质含量采用水合热重铬酸钾氧化-比色法^[13]测定。

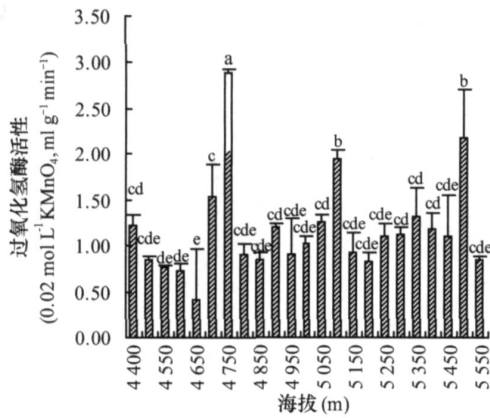
1.2.3 数据处理 数据采用 MS Excel、SPSS V13.0 统计软件进行统计和作图。每一点位的数据均取自 3 个重复的平均值。

2 结果与分析

2.1 土壤过氧化氢酶和蔗糖酶活性随海拔的变化趋势及变动规律

土壤过氧化氢酶随海拔的变化规律如图 2 所示。不同海拔的过氧化氢酶活性差异显著,在 4 750 m 处,过氧化氢酶的活性最高,与其他海拔的过氧化氢酶活性的差异是极其显著的,其次在海拔 4 400 m、4 700 m、5 100 m、5 500 m 等处的过氧化氢酶活性也较高,活性最低为海拔 4 650 m 处,海拔 4 550 m、4 600 m、4 650 m 的酶活性也较低,其余各海拔过氧化氢酶活性差异性不显著。

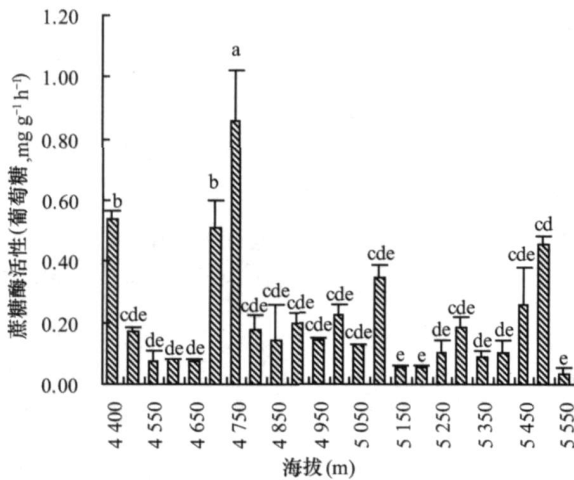
珠峰北坡海拔 4 400 m 至 5 550 m 的土壤蔗糖酶活性如图 3 所示。与过氧化氢酶活性相似的是蔗糖酶活性的最高点也出现在海拔 4 750 m 处,与其他各点的活性存在极其显著的差异,在海拔



注:有相同字母的平均值之间差异不显著($p < 0.05$)

图2 各海拔的过氧化氢酶活性

4 400 m、4 700 m、5 100 m、5 500 m处的蔗糖酶活性同样较高,但酶活性的最低点出现在海拔 5 550 m,在海拔4 550 m、4 600 m、4 650 m等处特别是 5 150 m、5 200 m的蔗糖酶活性很低,其余各点差异性不显著。



注:有相同字母的平均值之间差异不显著($p < 0.05$)

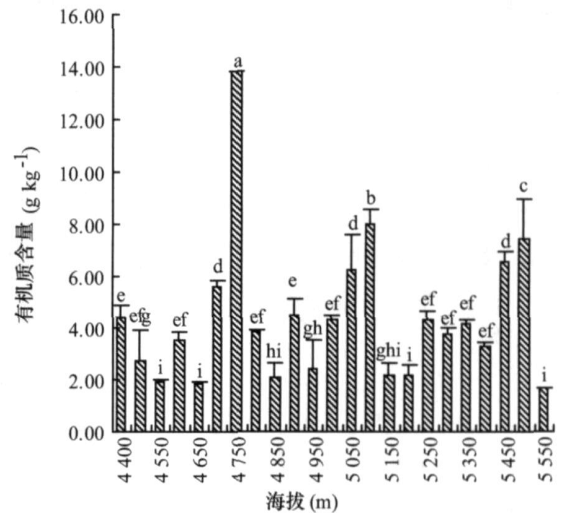
图3 各海拔的土壤蔗糖酶活性

从对两种酶活性随海拔变化的规律可以看出它们之间存在着相关性,从整体上看,过氧化氢酶活性的变化幅度没有蔗糖酶大,可能是两种酶对影响因子的响应不同所致,但波动周期均为 300 ~ 400 m。

2.2 有机质随海拔的变化趋势及变动规律

不同海拔的土壤有机质含量之间差异性显著(图4),其中在海拔 4 750 m处,有机质含量最高,这与过氧化氢酶和蔗糖酶活性的变化规律是一致的。海拔 4 400 m、4 700 m、4 900 m、5 050 m、5 100 m、5 450 m和 5 500 m处的有机质含量也相对较高,与酶活性相比,也存在相似性,有机质含量的最低点与

蔗糖酶活性一样,仍然出现在海拔 5 550 m处,在 4 550 m、4 650 m、5 200 m等处的含量也很低,这可能表明土壤酶活性与有机质的含量存在着相关性。从整体上看,随着海拔的升高,土壤有机质含量出现周期性波动,波动周期为 300 ~ 400 m,这可能是由于随海拔升高,研究区域内气候、植被以及土壤类型等条件发生变化所致。



注:有相同字母的平均值之间差异不显著($p < 0.05$)

图4 各海拔的有机质含量

2.3 土壤过氧化氢酶、蔗糖酶活性及有机质之间的相关性

从前面对土壤过氧化氢酶、蔗糖酶活性及有机质含量随海拔的变化趋势和规律的分析可以看出,三者呈现相似的周期性波动,且峰值均分别出现在 4 750 m、5 100 m和 5 500 m,这可能表明它们之间分别存在一定的相关关系。相关分析(表2)表明,土壤过氧化氢酶与蔗糖酶呈极显著正相关关系,两种酶分别与有机质呈极显著正相关关系。

表2 土壤过氧化氢酶、蔗糖酶活性及有机质之间的相关性

	蔗糖酶	有机质
过氧化氢酶	0.840 **	0.925 **
蔗糖酶		0.850 **

注:**表示极显著相关($p < 0.01$)

3 结论

1)在海拔 4 400 ~ 5 550 m各高度之间,土壤有机质含量差异显著,但随着海拔升高出现周期性波动,波动周期约为 300 ~ 400 m。

2)在海拔 4 400 ~ 5 550 m的研究区域内,随着

海拔升高,土壤过氧化氢酶和蔗糖酶活性与有机质呈现相似的周期性波动,峰值分别出现在 4 750 m、5 100 m和 5 500 m。

3) 相关分析表明,土壤过氧化氢酶与蔗糖酶活性之间呈极显著正相关关系。

致谢 感谢中国科学院地理科学与资源研究所张镜铨研究员和丁明军博士、四川大学环境科学与工程系张立芸等在野外工作中给与的大力协助。

参 考 文 献

- [1] Anna KB, Richard P.D. Field management effects on soil enzyme activities. *Soil Biol. and Biochem.*, 1999, 31(11): 1 471 ~ 1 479
- [2] Zimmermann S, Frey B. Soil respiration and microbial properties in an acid forest soil: Effects of wood ash. *Soil Biol. and Biochem.*, 2002, 34(11): 1 727 ~ 1 737
- [3] Mersi W, Schinner F. An improved and accurate method for determining the dehydrogenase activity of soils with iodinitrotetrazolium chloride. *Biology and Fertility of Soils*, 1991, 11: 216 ~ 220
- [4] 关松荫. 土壤酶及其研究法. 北京:农业出版社, 1986
- [5] Carreira J A, Garel-Ruiza R, Lie 'tora J, *et al.* Changes in soil phosphatase activity and P transformation rates induced by application of N-and S-containing acid-mist to a forest canopy. *Soil Biol. and Biochem.*, 2000, 32: 1 857 ~ 1 865
- [6] Trasar-Cepeda C, Leiro 's M C, Seoane S, *et al.* Limitations of soil enzymes as indicators of soil pollution. *Soil Biol. and Biochem.*, 2000, 32: 1 867 ~ 1 875
- [7] Benitez E, Melgar R, Melgar H, *et al.* Enzyme activities in the rhizosphere of pepper (*Capsicum annuum* L.) grown with olive cake mulches. *Soil Biol. and Biochem.*, 2000, 32: 1 829 ~ 1 835
- [8] 王娟, 谷雪景, 赵吉. 羊草草原土壤酶活性对土壤肥力的指示作用. *农业环境科学学报*, 2006, 25(4): 934 ~ 938
- [9] 杜红霞, 刘增文, 潘开文, 等. 外源性 C、N 干扰对森林土壤酶活性的影响. *西北林学院学报*, 2006, 21(2): 35 ~ 38
- [10] 姚晓华, 闵航, 袁海平. 杀虫剂啶虫脒对旱地土壤酶活性及呼吸强度的影响. *土壤学报*, 2005, 42(6): 1 012 ~ 1 016
- [11] Sardans J, Peñuelas J. Drought decreases soil enzyme activity in a Mediterranean *Quercus ilex* L. forest. *Soil Biol. and Biochem.*, 2005, 37(3): 455 ~ 461
- [12] 中国科学院西藏科学考察队. 珠穆朗玛峰地区科学考察报告: 自然地理(1966 ~ 1968). 北京: 科学出版社, 1975
- [13] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 2000