

四川丘陵区典型边坡土壤酶活性的季节动态

潘丹丹, 艾应伟, 张志卿, 郭培俊

(四川大学 生命科学学院 生物资源与生态环境教育部重点实验室, 四川 成都 610064)

摘要: 针对川中丘陵区成渝铁路的典型岩石边坡, 以临近自然边坡和农田边坡为对照, 研究了 3 种典型边坡土壤脲酶和蔗糖酶活性的季节变化规律。结果表明, 各个季节土壤脲酶和蔗糖酶活性在不同类型边坡间表现出一定的差异性, 且各具特点。3 种边坡土壤脲酶和蔗糖酶活性均表现出一定的季节变化规律。铁路边坡和农田边坡土壤脲酶活性均表现为 1 月最低, 4 月最高; 自然边坡土壤脲酶活性则表现为 7 月最低, 10 月最高。铁路边坡和自然边坡土壤蔗糖酶活性表现为 1 月最低, 4 月和 10 月较高; 农田边坡土壤蔗糖酶活性 1 月, 4 月和 7 月无明显变化, 在 10 月出现显著上升。

关键词: 脲酶; 蔗糖酶; 季节动态; 边坡

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)01-0111-04

中图分类号: S154.3

Seasonal Dynamics of Soil Enzyme Activities in Typical Slopes in Hilly Region of Sichuan Province

PAN Dan-dan, AI Ying-wei, ZHANG Zhi-qing, GUO Pei-jun

(Key Laboratory of Bio-resources and Eco-environment of the Ministry of Education,

College of Life Science, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610064, China)

Abstract: An experiment was conducted to study the seasonal dynamics of soil enzyme activities in three typical slopes (railway slope, natural slope and farmland slope) in the hilly region of central Sichuan Province. The main results are as follows: Soil enzyme activities were significantly different in the three types of slopes in every season. Soil urease and invertase activities showed specific seasonal fluctuations in the three types of slopes. Soil urease activities peaked in April and bottomed out in January for railway slope and farmland slope. However, for natural slope, the maximum of urease activities occurred in October and the minimum value, in July. Soil invertase activities were at the lowest level in January and at a relatively higher level in April and October, for railway slope and natural slope. By contrast, soil invertase activities remained stability from January to July for farmland slope, while considerably increased in October.

Keywords: urease; invertase; seasonal dynamics; side-slope

近几十年来,随着铁路运输业的飞速发展,铁路工程修建时对山体的切挖造成大量高陡岩质边坡,这不仅破坏了原地貌的生态平衡,导致地表裸露,土壤抗侵蚀能力和生物多样性下降,还严重威胁着铁路运输安全。岩质边坡立地条件差,不具备植被赖以生长的土壤、养分条件,使自然恢复极为困难。岩质边坡恢复的关键是坡面土壤的恢复,而土壤酶是常用的土壤质量指标,能够在短期内对环境变化做出响应,它还与植物生产力、土壤质量参数以及生物地球化学循

环有关,其活性的强弱可以直接反映土壤物质的转化状况和肥力水平^[1-3]。

目前,有关土壤酶的研究主要集中在土壤酶活性状况、土壤酶活性与营养元素、微生物相互关系以及土壤酶活性与土壤理化性质关系等方面,并且多集中于森林和草地等生态系统,而对铁路边坡这种特殊生境恢复过程中土壤酶活性的探讨和报道甚少^[4-7]。针对成渝铁路五凤段铁路边坡及其临近自然边坡和农田边坡,在野外考察和室内分析的基础上,研究了 3

收稿日期:2012-02-10

修回日期:2012-04-01

资助项目:国家自然科学基金项目“岩石边坡创面土壤特性对防护网的响应机制研究”(41171175)、“岩石边坡创面人工土壤特性的演变及其机理研究”(40771087)

作者简介:潘丹丹(1987—),女(汉族),山东省菏泽市人,在读研究生,主要从事土壤生态学等方面的研究工作。E-mail:pddhongyu@163.com。

通信作者:艾应伟(1965—),男(汉族),四川省资中县人,教授,博士生导师,主要从事土壤生态学等方面的研究工作。E-mail:aiyw99@sohu.com。

种边坡的土壤脲酶和蔗糖酶活性的季节变化规律,为铁路边坡土壤恢复提供了科学依据。

1 研究区域与研究方法

1.1 自然概况

研究地点位于四川丘陵区成渝铁路沿线的五凤

镇,地理坐标为 $30^{\circ}36'N$, $104^{\circ}29'E$,海拔 450~750 m,属亚热带湿润季风气候,雨量充沛,年平均降雨量 920 mm,主要集中在 7—8 月。光热资源丰富,年平均日照 1 295.5 h,年均温 $16.6^{\circ}C$ 左右,累计年平均无霜期 285 d。土壤类型属于典型的四川盆地湿润亚热带紫色土。样地土壤基本性质如表 1 所示。

表 1 样地土壤基本性质

边坡类型	有机碳/ ($g \cdot kg^{-1}$)	全氮/ ($g \cdot kg^{-1}$)	有效氮/ ($mg \cdot kg^{-1}$)	全磷/ ($g \cdot kg^{-1}$)	有效磷/ ($mg \cdot kg^{-1}$)	全钾/ ($g \cdot kg^{-1}$)	有效钾/ ($mg \cdot kg^{-1}$)
铁路	43.50	0.21	132.68	4.87	7.45	3.85	16.51
自然	17.71	0.10	101.51	0.63	12.89	2.46	13.78
农田	12.54	0.07	74.44	0.61	17.36	3.26	13.49

1.2 研究方法

1.2.1 研究样地的选取 选择典型边坡为研究对象,铁路边坡原为铁路建设时山体开挖形成的裸露高陡岩石边坡。成渝铁路建成于 1958 年,由于当时条件的限制,对开挖面未多做过处理,主要采用自然恢复。在长期的自然恢复下,铁路边坡表面已有成土积累,土壤厚度 10—20 cm。试验地坡向向东,铁路边坡、自然边坡和农田边坡坡高分别为 8.5, 8.0 和 7.8 m,铁路边坡和自然边坡坡度约为 45° ,农田边坡坡度约为 40° 。自然边坡和铁路边坡植被以草本为主,灌木层高 2~3 m,主要为黄荆(*Vitex negundo* Linn.)和水麻(*Debregeasia orientalis* C. J. Chen)。自然边坡坡面上形成了明显的蜈蚣草(*Eremochloa ciliaris*(L.) Merr)和丛毛羊胡子(*Eriophorum comosum*(Wall.) Palla)为优势种的共建种群;铁路边坡植物群落优势种为丛毛羊胡子(*Eriophorum comosum*(Wall.) Palla)和牛鞭草(*Hemarthria altissima*(Poir.) Srapf et C. E. Hubb);农田边坡为小麦—玉米轮作,常规耕作。

1.2.2 土壤样品的采集 在成渝铁路沿线五凤镇选择典型铁路边坡为研究样地,以临近自然边坡和农田边坡为对照,2006 年 1, 4, 7 和 10 月(冬、春、夏和秋四季)分别采集土壤样品。采样点基本在同一海拔高度,每组设置 3 个重复,每个重复按 S 型取样法随机确定 20 个取样点,用不锈钢铲铲取每个取样点的 0—10 cm 表层土壤,然后将采集到的各个重复的土壤样本混合均匀,用装口袋密封装好带回实验室处理。土壤在阴凉通风室内自然风干后,除去植物根系、动植物残体和石块后,过 1 mm 筛待用。

1.2.3 测定方法 脲酶活性的测定用 Hoffmann 与 Teicher 法,蔗糖酶活性测定用 Hoffmann 与 Seeger 法^[8]。

1.2.4 数据处理 采用 Excel 2007 和 SPSS Statistics 17.0 进行数据统计分析。

2 结果与讨论

2.1 不同边坡土壤脲酶活性的季节动态

土壤脲酶属于水解酶类,能够使尿素中肽键水解,其产物是植物生长需要的速效氮^[9]。和文祥等^[10]对陕西 7 种主要土壤的脲酶活性及理化性质的研究表明,土壤脲酶活性能够反映土壤肥力水平,其活性大小受到土壤理化性质的影响,可作为评价土壤肥力水平的重要依据。

不同边坡土壤脲酶活性有一定差异(图 1)。1 月自然边坡脲酶活性最高,农田边坡次之,铁路边坡最低;4 月和 7 月脲酶活性均表现为农田边坡 > 铁路边坡 > 自然边坡,且 3 种边坡 7 月脲酶活性差异显著($p < 0.05$)。3 种边坡土壤脲酶差异较大,表明不同边坡有效养分含量相差较大,这可能与不同边坡土壤对植物生长所需养分的供应能力不同有关。10 月脲酶活性最大值出现在自然边坡,而铁路边坡脲酶活性最低。总的来说,农田边坡土壤脲酶活性最高,铁路边坡次之,自然边坡最低,原因可能是无机肥料的施用明显提高了农田土壤脲酶活性。

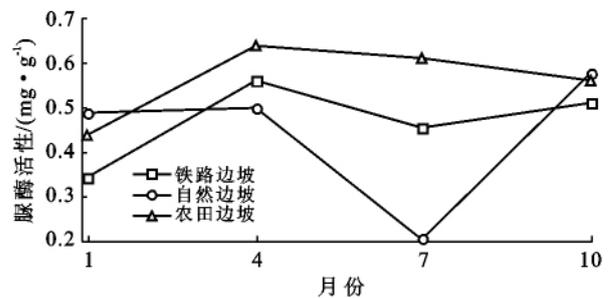


图 1 不同边坡土壤脲酶活性季节动态

由图 1 可知,不同边坡土壤脲酶活性表现出不同的季节变化规律。1—4 月,自然边坡脲酶活性无显著变化,4—7 月显著下降,7—10 月显著回升,且在 10 月达到最大值。农田边坡脲酶活性 1—4 月增加,4—10 月小幅下降。铁路边坡 1—4 月脲酶活性增加幅度与农田边坡相当,4—7 月脲酶活性明显下降,7—10 月酶活性缓慢上升。

1 月环境温度低,脲酶酶促反应从外界获得的能量较少,严重阻碍酶促反应的发生。4 月植物生长迅速,植物根系活力旺盛以及根系密度较高可能使脲酶活性大幅提高^[11]。此外,随着环境条件的改善,对植物残体的分解强度增加,土壤酶活性增加。与 1 月相比,自然边坡 4 月土壤脲酶活性变化很小。随着气温上升,自然边坡植物返青,植物根系和微生物活动增强,但是自然边坡脲酶活性并未出现显著上升,可见温度不是影响自然边坡 4 月脲酶活性较低的最主要因子。3 种边坡 7 月土壤脲酶活性均有不同程度的下降,自然边坡下降幅度最大。一般认为,30~50 °C 是测定土壤酶活性的适宜温度范围,所以自然状况下温度越高,脲酶酶促反应越容易进行^[12]。可见,土壤脲酶活性受到多种环境因素的共同影响。自然边坡脲酶活性下降可能是由于人为干扰导致植物更新快,对养分的需求大,而土壤养分供应能力有限,植物根系分泌物减少以及微生物活性降低,酶活性下降。铁路边坡和农田边坡脲酶活性也有不同程度的下降,这可能是因为夏季植物处于生殖生长期,对土壤养分需求增加,而养分供应不能满足植物生长需求,导致酶活性下降。10 月植物结实后继续生长,对养分的需求量相对减少,养分相对充足,植物根系、土壤动物和微生物活动增强,分泌到土壤中的酶量增加,造成自然边坡和铁路边坡脲酶活性表现出不同程度的上升。另外,自然边坡脲酶活性的显著增加可能还与相对较少的人为干扰有关。农田边坡 7—10 月脲酶活性缓慢下降,可能是因为玉米收割后,植物根系分泌物减少。铁路边坡和农田边坡土壤脲酶活性最大值出现在 4 月,自然边坡出现在 10 月。土壤脲酶活性高峰并未出现在温度最高的季节,这说明在复杂的土壤生态系统中,影响土壤脲酶活性的因素众多,不同条件下影响酶活性的关键因子存在差异^[13]。

2.2 不同边坡土壤蔗糖酶活性的季节动态

土壤蔗糖酶参与蔗糖水解,生成葡萄糖和果糖,其产物是植物和微生物的营养源。土壤蔗糖酶与土壤有机碳转化相关,是一种重要的土壤质量指标,其活性可以反映土壤生物活性和土壤有机残体的分解强度,可以评价土壤生物活性强度、土壤熟化程度和土壤肥力水平^[14-15]。

1 月,3 种边坡土壤蔗糖酶活性无显著差异。除 1 月外,其他 3 个月不同边坡土壤蔗糖酶活性差异较大(图 2)。4,7 和 10 月,土壤蔗糖酶活性均表现为自然边坡>铁路边坡>农田边坡。农田边坡传统耕作措施,如耕作和秸秆移除,导致土壤中大团聚体比例降低和土壤中植物残体减少,影响土壤有机物质积累,进一步改变土壤肥力^[16]。农田边坡土壤有机碳的积累较少可能是蔗糖酶活性低的主要原因。铁路边坡直接利用施工地的岩石碎屑作为植生土,本身没有经过完整的成土过程,虽然经过半个世纪的恢复,土壤质量有一定改善,但土层较薄,微生物活动还未恢复到自然状态,有机碳的累积明显低于自然边坡。

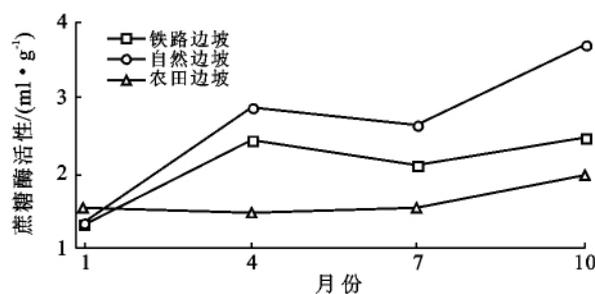


图 2 不同边坡土壤蔗糖酶活性季节动态

虽然不同边坡土壤蔗糖酶活性有一定的差异,但 3 种边坡土壤蔗糖酶活性表现出相似的季节变化规律,整体呈上升趋势(图 2)。自然边坡和铁路边坡蔗糖酶活性季节动态呈双峰曲线,农田边坡为单峰曲线且酶活性变化小。自然边坡和铁路边坡 1 月蔗糖酶活性最低,4 月酶活性显著增加,7 月缓慢下降,10 月到达最高峰。1 月土壤温度低,土壤蔗糖酶活性受到抑制,随着环境温度的升高,酶活性迅速增加。7 月,植物由营养生长转为生殖生长,对土壤养分的需求增加,加上土壤养分储量不足,导致土壤蔗糖酶活性下降。同时,夏季频繁的干湿交替提高了土壤有机质矿化率^[17]。这将在一定程度上影响夏季土壤有机碳积累,进一步影响土壤蔗糖酶活性。铁路边坡蔗糖酶活性下降速度快于自然边坡,但趋势不明显。7 月土壤蔗糖酶活性为自然边坡>铁路边坡>农田边坡,且自然边坡与农田边坡差异显著($p < 0.05$)。10 月,自然边坡和铁路边坡土壤蔗糖酶活性明显增加,且达到最大值,这可能与秋季碳累积的增加有关。土壤蔗糖酶活性峰值出现在植物生长季后期,可能还与秋季水温条件适宜、植物枯落物增多以及土壤微生物活性回升等有关^[18-19]。1—4 月,农田边坡土壤蔗糖酶活性没有明显变化。肥料的施用可能促进了小麦根系的生长发育,增强了小麦根系的分泌活动,使 1 月蔗糖酶

活性较高。冬小麦生长前期随着温度的增加,根系迅速生长,根系分泌物逐渐增加,而 4 月冬小麦处于生长后期,根系活力下降,分泌物减少,酶活性可能先上升后下降^[20]。7 月,土壤蔗糖酶活性缓慢上升,这可能是由于玉米处于生长旺盛的拔节期,土壤酶量增加。10 月,植物凋落物的增加为土壤微生物提供了丰富的物质和能量来源,可能导致蔗糖酶活性的显著提高,另一方面,冬小麦播种前的施肥可能促进了酶活性的增加。

3 结论

(1) 3 种边坡土壤酶活性有一定差异,总体来看,农田边坡土壤脲酶活性最高,而铁路边坡与自然边坡脲酶无明显差异。自然边坡蔗糖酶活性最高,依次是铁路边坡和农田边坡。蔗糖酶活性在自然边坡最高,而脲酶活性为最低,脲酶活性在农田边坡表现最佳,而蔗糖酶活性却为最低,铁路边坡 2 种酶活性介于自然边坡和农田边坡。

(2) 3 种边坡土壤酶活性表现出一定的季节变化规律。虽然土壤脲酶活性变化复杂,但是农田边坡和自然边坡土壤脲酶活性表现基本一致,最大值均出现在 4 月,而自然边坡脲酶活性在 10 月时最高。农田边坡和铁路边坡脲酶活性最小值均出现在 1 月,而自然边坡出现在 7 月。此外,不同边坡土壤脲酶对季节变化的响应不同。从 7—10 月,铁路边坡和自然边坡脲酶活性增加,而农田边坡脲酶活性下降。铁路边坡和自然边坡蔗糖酶均在 4 和 10 月出现 2 个波峰值,且 10 月 3 种边坡蔗糖酶活性均最高。除农田边坡外,其他 2 种边坡 7 月蔗糖酶活性明显低于 4 月和 10 月。土壤脲酶和蔗糖酶活性的提高,有利于土壤中碳氮的循环和有机质的转化,对土壤质量的改善和土壤养分有效性的提高有重要意义。因此,在边坡植被恢复研究中,应充分考虑土壤微生物活动以及土壤酶活性状况,以利于土壤养分的持续可利用性和坡面植被群落的演替。

[参 考 文 献]

- [1] Shukla G, Varma A. Soil enzymology [M]. Berlin: Springer-Verlag, 2011: 119-148.
- [2] Anna K B, Richard P D. Field management effects on soil enzyme activities [J]. Soil Biology Biochemistry, 1999, 31(11): 1471-1479.
- [3] Caravaca F, Masciandaro G, Ceccanti B. Land use in relation to soil chemical and biochemical properties in a semiarid Mediterranean environment [J]. Soil and Tillage Research, 2002, 68(1): 23-30.
- [4] 郭曼,郑粉莉,和文祥,等.黄土丘陵区不同退耕年限植被多样性变化及其与土壤养分和酶活性的关系[J].土壤学报,2010,47(5):979-986.
- [5] 谭周进,李倩,陈东林,等.稻草还田对晚稻土壤微生物及酶活性的影响[J].生态学报,2006,26(10):3385-3392.
- [6] 赵汝东,樊检波,何园球,等.坡位对马尾松林下土壤理化性质、酶活性及微生物特性影响[J].生态环境学报,2010,19(12):2857-2862.
- [7] 曹帮华,吴丽云.滨海盐碱地刺槐白蜡混交林土壤酶与养分相关性研究[J].水土保持学报,2008,22(1):128-133.
- [8] 周礼恺.土壤酶学[M].北京:科学出版社,1987:267-276.
- [9] 万忠梅,宋长春.三江平原小叶章湿地土壤酶活性的季节动态[J].生态环境学报,2010,19(5):1215-1220.
- [10] 和文祥,朱铭莪,张一平.陕西几种主要土壤脲酶热力学特征初探[J].西北农林科技大学学报,2001,29(1):51-54.
- [11] 查菲娜,马冬云,郭天财,等.不同种植密度条件下两种穗型冬小麦品种根际土壤酶活性的动态变化[J].水土保持学报,2007,21(2):104-107.
- [12] 隽英华,陈立军,武志杰,等.抑制剂和温度影响的土壤脲酶热力学特征[J].辽宁工程技术大学学报:自然科学版,2009,29(6):1049-1052.
- [13] Štursová M, Baldrian P. Effects of soil properties and management on the activity of soil organic matter transforming enzymes and quantification of soil-bound and free activity [J]. Plant and Soil, 2011, 338(1/2): 99-110.
- [14] Harris M M, Safford L O. Effect of season and four tree species on soluble carbon content in fresh and decomposing litter of temperate forests [J]. Soil Science, 1996, 161(2): 130-135.
- [15] 辛承友,朱鲁生,王军.阿特拉津对不同肥力土壤蔗糖酶活性的影响[J].农业环境科学学报,2004,23(3):479-483.
- [16] Jiang X, Hu Y, Beddell J H, et al. Soil organic carbon and nutrient content in aggregate-size fractions of a subtropical rice soil under variable tillage [J]. Soil Use and Management, 2011, 27(1): 28-35.
- [17] 刘艳丽,张斌,胡峰,等.干湿交替对水稻土碳氮矿化的影响[J].土壤,2008,40(4):554-560.
- [18] 李东坡,武志杰,陈立军,等.长期定位培肥黑土土壤蔗糖酶活性动态变化及其影响因素[J].中国生态农业学报,2005,13(2):102-105.
- [19] 陶宝先,张金池,愈元春,等.苏南丘陵地区森林土壤酶活性季节变化[J].生态环境学报,2010,19(10):2349-2354.
- [20] 熊明彪,田应兵,雷孝章,等.小麦生长期土壤养分与土壤酶活性变化及其相关性研究[J].水土保持学报,2003,17(4):27-30.