

商洛地区土壤蔗糖酶及过氧化氢酶与土壤养分的关系研究

刘瑞丰¹, 李新平¹, 李素俭², 张小虎³, 何 军³

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;
2. 西北农林科技大学生命科学院, 陕西 杨凌 712100; 3. 商洛学院, 陕西 商洛 726000)

摘 要: 运用通径分析的方法研究了商洛地区土壤蔗糖酶和过氧化氢酶与土壤养分因子的关系。结果表明: 商洛地区土壤全氮和碱解氮对蔗糖酶活性有较强的直接和间接作用, 与蔗糖酶活性显著相关, 是影响蔗糖酶活性的主要因素; 土壤全氮和速效钾对过氧化氢酶活性有较强的直接和间接作用, 并且它们之间的相互作用对过氧化氢酶活性的影响也较大, 是影响过氧化氢酶活性的主要因素。土壤酶与土壤养分因子的相关性表明: 土壤酶活性可以作为评价土壤肥力状况的生物指标。

关键词: 酶活性; 全氮; 通径系数; 决定系数

中图分类号: S154.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)05-0182-04

土壤生物活性最本质的指标是土壤酶活性^[1]。土壤酶在土壤生态系统的物质循环和能量转化中起着非常重要的作用, 它催化土壤中的一切生物化学反应, 其活性大小是土壤肥力的重要标志^[2,3]。土壤养分是指土壤提供给植物生长所必需的营养元素, 是评价土壤自然肥力的重要因素之一。因此, 土壤酶活性与土壤养分状况的关系成为各国学者研究的热点。近年来, 关于土壤酶的研究发展较快, 但主要集中于农业土壤的不同土类和不同肥力水平土壤的酶活性、施用有机肥和无机肥对酶活性的影响等

方面^[4,5]。本试验选取陕西省商洛市药源基地部分土样, 分析土壤中的蔗糖酶和过氧化氢酶活性与土壤主要养分的关系, 从而探讨土壤酶活性作为土壤肥力评价的生物指标的可行性。

1 材料与方法

1.1 供试材料

土样采自山阳、商州及洛南四个药源基地土壤的表层(0~20 cm)和亚表层(20~40 cm)。供试土壤养分状况如表 1 所示。

表 1 供试土壤样品养分状况
Table 1 The nutrient status of tested soil samples

编号 No.	采样地点 Sampling site	采样深度 Sampling depth (cm)	有机质 Organic matter (g/kg)	pH	速效养分 (mg/kg) Available nutrient			全量养分 (g/kg) Total nutrient		
					N	P	K	N	P	K
1	山阳 Shanyang	0~20	18.46	7.48	77.00	54.60	86.08	0.5853	0.6178	14.24
2	山阳 Shanyang	20~40	10.84	7.77	49.88	29.56	82.73	0.4226	0.5861	13.21
3	商州 Shanzhou	0~20	25.45	7.16	99.75	203.1	138.6	0.7834	0.7658	13.55
4	商州 Shanzhou	20~40	13.96	7.71	64.75	60.37	112.2	0.4703	0.6007	13.40
5	商州 Shanzhou	0~20	18.44	7.78	73.50	52.92	133.47	0.5690	0.7313	14.05
6	商州 Shanzhou	20~40	13.83	7.86	56.00	9.526	112.6	0.4618	0.6572	14.87
7	洛南 Luonan	0~20	10.53	6.12	45.50	36.35	37.63	0.2530	1.073	9.504
8	洛南 Luonan	20~40	5.602	6.16	24.50	41.38	31.71	0.1448	1.168	9.472

1.2 试验方法^[6,7]

采集土壤混合样品, 做三次平行测定, 具体测定

方法如下: 土壤蔗糖酶活性采用 3,5-二硝基水杨酸比色法; 过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法; 土

收稿日期: 2011-04-12
基金项目: 陕西省 2007 年科学技术研究发展计划“商洛市‘五大商药’专用肥研制”[2007K16—02(5)]; 商洛市 2009 年科学技术研究发展计划“中国秦岭五大商药需肥规律与土壤肥力研究专项”(SKJ2009—09)
作者简介: 刘瑞丰(1985—), 男, 硕士研究生, 主要从事土地资源利用与管理研究。E-mail: liurufeng1985@163.com。
通讯作者: 李新平(1961—), 男, 副教授, 主要从事土壤与生态研究。E-mail: xinpingli79@sina.com。

壤有机质采用重铬酸钾氧化法;全氮采用半微量开氏法;全磷采用钒钼黄吸光光度法;全钾采用火焰光度法;碱解氮采用扩散吸收法;速效磷采用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提—钼锑抗比色法;速效钾采用 NH₄OAc 浸提—火焰光度法;pH 采用 pH 计测定。结果分析采用通径分析的方法来探讨土壤主要养分和土壤酶活性之间的关系。

2 结果与分析

2.1 土壤蔗糖酶、过氧化氢酶活性

由表 2 可以看出,蔗糖酶活性变幅在 23.92 ~ 524.75 μg Glucose/(g·h),其最高值出现在 3 号土样,其余土样 5 号、1 号、6 号、2 号、4 号、7 号和 8 号蔗糖酶活性依次减弱;而过氧化氢酶活性变幅在 11.88 ~ 55 ml 0.01N KMnO₄/(g·h),其最高值出现在

6 号土样,其余土样 5 号、1 号、2 号、4 号、3 号、7 号和 8 号过氧化氢酶活性依次减弱;蔗糖酶和过氧化氢酶活性最低值均出现在 8 号土样。相对而言,洛南(7 号、8 号)土壤酶活性较弱。

从表 2 还可看出,不同采集点土壤表层(0 ~ 20 cm)蔗糖酶活性比土壤亚表层(20 ~ 40 cm)强,即蔗糖酶活性随土层深度的增加而明显减弱。这一结果基本上与各土壤的肥力状况相吻合。一方面因为土壤酶主要以物理或化学的结合形式吸附在土壤有机质和无机颗粒上,或与腐殖质络合^[8],土壤有机质含量随土层深度增加明显减少,故酶活性也明显减弱;另一方面,随着土层深度的增加,通气状况越来越差,微生物种类和数量递减,导致土壤酶活性减弱^[9]。而土壤表层(0 ~ 20 cm)过氧化氢酶活性和土壤亚表层(20 ~ 40 cm)过氧化氢酶活性变化不明显。

表 2 土壤蔗糖酶、过氧化氢酶活性
Table 2 The activity of soil invertase and catalase

项目 Item	土样编号 No. of soil samples							
	1	2	3	4	5	6	7	8
蔗糖酶活性[μg Glucose/(g·h)] Activity of invertase	217.0	116.0	524.8	110.5	236.1	123.5	26.4	23.9
过氧化氢酶活性[ml 0.01N KMnO ₄ /(g·h)] Activity of catalase	45.8	43.8	37.9	41.4	51.8	55.0	18.3	11.9

2.2 土壤酶活性与土壤养分因子的通径分析

(1) 蔗糖酶与土壤养分因子的通径分析:将土壤蔗糖酶活性与土壤养分因子进行回归,得到蔗糖酶活性(*I*)关于土壤养分的多元回归方程:

$$I = -638.2847 + 10.6187x_1 + 1362.0937x_2 - 6.8304x_3 + 275.2611x_4 + 0.8712x_5 + 72.0747x_6 - 21.8502x_7 - 0.6945x_8$$

式中,*x*₁ 为有机质;*x*₂ 为全氮;*x*₃ 为碱解氮;*x*₄ 为全磷;*x*₅ 为速效磷;*x*₆ 为 pH 值;*x*₇ 为全钾;*x*₈ 为速效钾,下同。

从表 3 可以看出,土壤养分因子对蔗糖酶活性直接影响力大小顺序为全氮>有机质>全磷>速效磷>pH>速效钾>全钾>碱解氮。全氮的直接通径系数很大,说明全氮对蔗糖酶活性有很强的直接作用,通过有机质的间接作用相对较大,通过其余养分因子对蔗糖酶活性的间接作用都较小,全氮与土壤蔗糖酶活性成显著性相关。有机质和速效磷对蔗糖酶活性的直接作用较小,其显著性主要是通过全氮的间接作用影响的。碱解氮对蔗糖酶活性产生的直接通径系数的绝对值较大,但其通过全氮对蔗糖酶活性的间接作用更大,中和了直接作用,表现上的相关性也主要来自有机质的间接作用。土壤全

磷、pH 值、全钾和速效钾对蔗糖酶活性的直接和间接作用都较小,与蔗糖酶活性没有相关性。说明土壤全磷、pH 值、全钾和速效钾不是影响蔗糖酶活性的主要因素,而有机质、全氮、碱解氮和速效磷是影响蔗糖酶活性的主要因素。

在表 3 的基础上,对决定系数进行了计算。决定系数值 *R*₁₁(0.1598)、*R*₁₂(2.5367)、*R*₁₃(0.9025)、*R*₂₂(2.7235)、*R*₂₃(0.8842)、*R*₃₃(0.9272)较大,对蔗糖酶活性影响较大,有机质、全氮、碱解氮及它们和其他养分的共同决定系数较大,而其对蔗糖酶活性的直接通径系数也较大,说明有机质、全氮、碱解氮是影响土壤蔗糖酶活性的主要因素。全磷、pH 值、全钾和速效钾的决定系数值和直接通径系数均较小,进一步说明它们对蔗糖酶活性影响较小。速效磷的决定系数值较小,说明它对蔗糖酶活性的影响主要是通过有机质、全氮、碱解氮的间接作用。

(2) 土壤过氧化氢酶与土壤养分因子的通径分析:将土壤过氧化氢酶活性与土壤养分因子进行回归,得到过氧化氢酶活性(*C*)关于土壤养分的多元回归方程:

$$C = 29.3189 - 0.8130x_1 + 105.9454x_2 - 0.2515x_3 - 1.3574x_4 - 0.1742x_5 - 5.6667x_6 +$$

$1.7636x_7 + 0.1920x_8$

表 3 土壤主要肥力因子对土壤蔗糖酶活性(I)的通径系数

Table 3 Path coefficient of the main fertility factors of soil to the activity of soil invertase

	$x_1 - I$	$x_2 - I$	$x_3 - I$	$x_4 - I$	$x_5 - I$	$x_6 - I$	$x_7 - I$	$x_8 - I$	总和 SUM
x_1	<u>0.3998</u>	1.5927	- 0.9500	- 0.1772	0.2596	0.1397	- 0.1822	- 0.1417	0.9407
x_2	0.3859	<u>1.6503</u>	- 0.9403	- 0.2488	0.2272	0.2037	- 0.2251	- 0.1540	0.8989
x_3	0.3945	1.6117	<u>- 0.9629</u>	- 0.2096	0.2494	0.1587	- 0.1908	- 0.1430	0.9080
x_4	- 0.1939	- 1.1237	0.5524	<u>0.3654</u>	- 0.0079	- 0.3018	0.2530	0.1219	- 0.3346
x_5	0.3036	1.0970	- 0.7025	- 0.0084	<u>0.3419</u>	- 0.0232	- 0.0378	- 0.0832	0.8874
x_6	0.1727	1.0395	- 0.4726	- 0.3410	- 0.0246	<u>0.3234</u>	- 0.2678	- 0.1343	0.2953
x_7	0.2538	1.2940	- 0.6400	- 0.3220	0.0450	0.3017	<u>- 0.2871</u>	- 0.1475	0.4979
x_8	0.3265	1.4646	- 0.7935	- 0.2568	0.1639	0.2504	- 0.2441	<u>- 0.1735</u>	0.7375

注:表中划横线的数据为直接通径系数,下同。
Note: The underlined figures are direct path coefficients, and they are the same in the follows.

从表 4 可以看出,土壤养分因子对过氧化氢酶活性直接影响力大小顺序为全氮>速效钾>全钾>全磷>pH>有机质>碱解氮>速效磷。全氮和速效钾对过氧化氢酶活性的直接通径系数比较大,说明它们对过氧化氢酶活性有较强的直接作用,是影

响过氧化氢酶活性的主要因素,并且二者通过彼此间对过氧化氢酶活性的间接通径系数都比通过其它因素的间接通径系数大,说明它们彼此间的相互作用对过氧化氢酶活性也有较大的影响。

表 4 土壤主要肥力因子对土壤过氧化氢酶活性的通径系数

Table 4 Path coefficient of the main fertility factors of soil to the activity of soil catalase

	$x_1 - C$	$x_2 - C$	$x_3 - C$	$x_4 - C$	$x_5 - C$	$x_6 - C$	$x_7 - C$	$x_8 - C$	总和 SUM
x_1	<u>- 0.3257</u>	1.3180	- 0.3721	0.0093	- 0.5523	- 0.1168	0.1565	0.4168	0.5337
x_2	- 0.3143	<u>1.3657</u>	- 0.3683	0.0131	- 0.4835	- 0.1704	0.1933	0.4530	0.6886
x_3	- 0.3213	1.3338	<u>- 0.3772</u>	0.0110	- 0.5307	- 0.1328	0.1639	0.4206	0.5673
x_4	0.1579	- 0.9299	0.2164	<u>- 0.0192</u>	0.0167	0.2525	- 0.2173	- 0.3587	- 0.7764
x_5	- 0.2473	0.9078	- 0.2752	0.0004	<u>- 0.7274</u>	0.0194	0.0325	0.2447	- 0.0449
x_6	- 0.1406	0.8603	- 0.1851	0.0179	0.0523	<u>- 0.2705</u>	0.2300	0.3951	0.9594
x_7	- 0.2067	1.0708	- 0.2507	0.0169	- 0.0958	- 0.2523	<u>0.2465</u>	0.4339	0.9626
x_8	- 0.2660	1.2121	- 0.3108	0.0135	- 0.3488	- 0.2094	0.2096	<u>0.5104</u>	0.8106

全磷、pH 值和全钾对过氧化氢酶活性的直接通径系数都比较小,它们对过氧化氢酶活性的影响主要是通过全氮和速效钾的间接作用,其中全磷表现出显著的负相关性,pH 值和全钾表现出显著正相关性,说明全磷、pH 值和全钾也是影响土壤过氧化氢酶活性的主要因素。

速效磷对土壤过氧化氢酶活性的直接通径系数的绝对值比较大,但其通过其他养分因子对过氧化氢酶的正的间接作用也比较大,中和了其直接作用,表现上土壤速效磷与过氧化氢酶活性无相关性。有机质和碱解氮对过氧化氢酶活性的直接作用和间接作用都较小,表现上没有相关性。说明速效磷、有机质和碱解氮不是影响过氧化氢酶活性的主要因素。

根据表 4 计算出土壤的决定系数值 R_{12}

(1.7371)、 R_{22} (1.8651)比较大,对过氧化氢酶活性影响比较大,全氮、速效钾及它们和其他养分的共同决定系数较大,而其对过氧化氢酶的直接通径系数也较大,进一步说明了全氮和速效钾是影响过氧化氢酶活性的主要因素。其余养分因子对过氧化氢酶的决定系数值都比较小,其中全磷、pH 值和全钾对过氧化氢酶活性的影响主要是通过全氮和速效钾的间接作用。

3 结论与讨论

从总体上看表层土壤(0~20 cm)蔗糖酶的活性高于亚表层(20~40 cm),即土壤酶活性随土层深度增加而明显减少,这即与各土壤的肥力状况相吻合,又与前人^[6,10-13]研究结果相一致。结果表明,山阳和商州药源基地土壤肥沃,通透性好,适宜中药材种

植。而洛南药源基地土壤相对贫瘠,通透性较差,排水较差。建议洛南药源基地增施有机肥,增加土壤养分;育苗前进行翻耕使土壤疏松,加大通透性;并挖掘相应的排水沟,使排水良好通畅。

土壤蔗糖酶活性与全氮呈极显著正相关,与碱解氮呈显著负相关,其主要影响因素为有机质、全氮、碱解氮和速效磷;土壤全氮与速效钾对过氧化氢酶活性有强烈的直接作用和间接作用,表现上与过氧化氢酶活性显著相关,无论从直接通径系数值还是决定系数值来说,对过氧化氢酶活性都有显著性影响。

土壤有机质、全氮和碱解氮对两种酶活性都有直接或间接性显著影响,而它们之间有显著的相关性。供试土样的酶活性也基本表现出一样的变化趋势,说明土壤酶活性及活性的总体可以作为土壤肥力水平评价的指标。

参考文献:

- [1] 李 勇. 试论土壤酶活性与土壤肥力[J]. 土壤通报, 1989, 33(4): 190—193.

- [2] Robert E H, Alleman B C, Hoeppel R E, et al. Hydrocarbon Bioremediation[M]. Boca Raton: Lewis, 1994.
- [3] Doelman P, Haanstra L. Short and long term effects of heavy metals on urease activity in soils[J]. Biol Fertil Soils, 1986, 2: 213—21.
- [4] 曹 慧, 孙 辉, 杨 浩, 等. 土壤酶活性及其对土壤质量的指示研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(1): 105—109.
- [5] 陈国潮, 何振立, 黄昌勇. 红壤微生物量 C 周转及其研究[J]. 土壤学报, 2002, 39(2): 152—159.
- [6] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 1997.
- [8] 周礼恺. 土壤酶学[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [9] 曹 慧, 孙 辉. 土壤酶活性及其对土壤质量的指示研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(1): 105—109.
- [10] 关松荫, 沈桂琴, 孟昭鹤, 等. 我国主要土壤剖面酶活性状况[J]. 土壤学报, 1984, 21(4): 368—381.
- [11] Tabatabai M A, Dick W A. Distribution and stability of phosphatase in soil[J]. Soil Biol Biochem, 1979, 11(6): 655—659.
- [12] 杨万勤, 钟章成, 韩玉萍. 缙云山森林土壤酶活性的分布特征、季节动态及其与四川大头茶的关系研究[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 1999, 24(3): 318—324.
- [13] 万 超, 徐福利, 邹 诚, 等. 黄土丘陵沟壑区不同土地利用模式对土壤酶活性和土壤微生物影响研究[J]. 西北农业学报, 2009, 18(2): 158—162.

Research on relationship between soil invertase, catalase and soil nutrient in the area of Shangluo

LIU Rui-feng¹, LI Xin-ping¹, LI Su-jian², ZHANG Xiao-hu³, HE Jun³

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. College of Life Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3. College of Shangluo, Shangluo, Shaanxi 726000, China)

Abstract: The relationship between soil nutrients and enzymes in the area of Shangluo were studied through path analysis for data processing. The results show that the soil total nitrogen and alkali-hydro nitrogen in the area of Shangluo have significant effects on the activity of invertase, and they are the main factors on the activity of invertase. Soil total N and available K have strong direct and indirect effects on the activity of catalase, and the interactions of them also have great effects on the activity of catalase, and they are the main factors on the activity of catalase. From the correlations of these factors, we can figure out that the activity of soil enzymes can be used to assess soil fertility condition.

Keywords: activity of enzyme; total N; path coefficient; decisive coefficient