

温度和底物对陕西土壤脲酶活性的影响

和文祥 朱铭義

(西北农业大学资源与环境科学系, 陕西杨凌 712100)

摘 要 在不同温度和底物浓度条件下, 对陕西 7 种土壤 19 个土样脲酶的活性进行了测定。结果显示, 在一定温度和底物浓度范围内, 随温度和底物浓度增加, 脲酶活性升高, 在不同温度和浓度区段, 影响幅度有明显差异, 除水稻土外, 其余高肥力土样脲酶活性受其影响较大; 在同一生态区中, 脲酶活性与理化性质呈极显著正相关, 土壤脲酶活性可作为土壤肥力水平高低的重要指标之一; 土壤脲酶作用的最适温度为 60°C 。

关键词 土壤脲酶, 脲酶活性, 陕西土壤

分类号 S154.2

土壤脲酶是一种对尿素水解起重要作用的酶类。国内外学者^[1-3]研究表明, 不同土壤类型、剖面层次、种植作物、肥力水平土壤的脲酶活性有一定差异, 活性值与土壤理化性质存在着显著相关关系。而 Ber^[4]和 Ross 等^[5]却发现, 脲酶活性与理化性质均无显著性相关。关于土样酶活性受温度和底物浓度影响方面研究, 国内报道较少。本文拟在不同温度和底物浓度下, 对陕西 7 种土壤 19 个土样脲酶的活性进行测定, 以进一步揭示其与土壤肥力间的关系。

1 材料与方法

1.1 供试材料

采集陕南地区的黄褐土、水稻土, 关中、陕北地区的壤土、褐土、黑垆土、黄绵土、风沙土等共 19 个土样, 其理化性质见表 1, 各有高、低两个肥力水平。

试剂脲酶采用英国 BDH 化学有限公司的洋刀豆脲酶, 每毫克脲酶 35°C 下 30 min 水解 3 mg 尿素。

1.2 方法

称取 10.00 g 土样 (过 1 mm 筛) 或 10 mL pH7.1 Tris-HCl 缓冲液溶解的洋刀豆脲酶, 置于三角瓶中, 加入 2 mL 甲苯, 静置 15 min 后, 加入 10 mL 不同浓度 (0.005, 0.010, 0.050 和 0.100 mol/L) 的尿素溶液和 20 mL pH6.7 的柠檬酸缓冲液, 分别在不同温度下培养, 定时取样, 采用靛酚蓝比色法测定土样脲酶活性 (以 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量表示)。

2 结果与讨论

2.1 温度对脲酶活性的影响

不同温度下土样脲酶活性的测定结果 (表 2) 显示, 在 $10\sim 40^{\circ}\text{C}$ 时, 随着温度上升,

收稿日期 1997-11-05

课题来源 国家教委博士点基金资助项目, 900703

作者简介 和文祥, 男, 1968 年生, 讲师, 在职博士生

表 1 供试土样的理化性质

地区	土壤	肥力水平	物理性 粘粒 / (g° kg ⁻¹)	有机质 / (g° kg ⁻¹)	全氮 / (g° kg ⁻¹)	碱解氮 / (mg° kg ⁻¹)	全磷 / (g° kg ⁻¹)	阳离子 交换量 / (cmol ⁺ kg ⁻¹)	CaCO ₃ / (g° kg ⁻¹)
陕 南 地 区	水稻土	高肥力	592. 5	29. 90	1. 92	149. 10	1. 12	35. 10	0
		低肥力	524. 3	28. 70	1. 79	122. 85	1. 05	34. 08	0
	黄褐土	高肥力 1	506. 0	10. 50	0. 69	44. 10	0. 82	35. 65	0
		高肥力 2	298. 1	11. 40	0. 77	56. 35	0. 80	32. 29	0
		高肥力 3	548. 5	11. 10	0. 95	57. 40	0. 82	35. 06	0
		低肥力	515. 5	8. 20	0. 43	59. 85	0. 72	34. 61	0
关 中 和 陕 北 地 区	黄绵土	高肥力	189. 2	16. 00	0. 80	65. 10	1. 35	25. 56	78. 3
		低肥力 1	294. 4	7. 60	0. 40	26. 60	1. 05	26. 40	97. 2
		低肥力 2	234. 1	7. 70	0. 60	28. 70	1. 06	26. 15	104. 7
		高肥力	297. 7	11. 20	0. 77	39. 20	1. 17	28. 29	29. 9
	黑垆土	低肥力 1	43. 7	9. 80	0. 53	35. 35	1. 24	28. 80	29. 3
		低肥力 2	369. 2	8. 20	0. 63	34. 30	1. 19	29. 59	30. 1
		高肥力	125. 8	8. 30	0. 36	31. 50	0. 89	14. 00	35. 3
	风沙土	低肥力 1	63. 1	6. 40	0. 40	25. 06	0. 82	13. 23	10. 1
		低肥力 2	104. 1	3. 20	0. 14	12. 60	0. 71	13. 48	39. 8
	褐 土	高肥力	387. 5	17. 90	1. 43	99. 40	1. 42	30. 07	95. 6
		低肥力	376. 4	16. 50	1. 09	76. 30	1. 33	28. 13	121. 3
	土娄 土	高肥力	474. 4	17. 80	1. 27	74. 90	1. 24	31. 05	50. 4
		低肥力	461. 9	13. 90	0. 81	54. 60	1. 15	30. 03	51. 8

表 2 不同温度下供试土壤脲酶活性 μ g / (g° h)

土壤	肥力水平	10℃		30℃		37℃		40℃	
		活性	增幅 %	活性	增幅 %	活性	增幅 %	活性	增幅 %
水稻土	高肥力	0. 552	100. 0	0. 823	149. 1	1. 188	215. 2	1. 458	264. 1
水稻土	低肥力	0. 468	100. 0	0. 757	162. 8	1. 116	238. 5	1. 368	292. 3
黄褐土	高肥力 1	0. 228	100. 0	0. 389	135. 1	0. 729	253. 1	/	/
黄褐土	高肥力 2	0. 310	100. 0	0. 355	114. 1	0. 783	252. 6	0. 945	304. 8
黄褐土	高肥力 3	0. 360	100. 0	0. 389	108. 1	0. 900	250. 0	1. 008	302. 5
黄褐土	低肥力	0. 326	100. 0	0. 344	105. 1	0. 533	163. 5	0. 540	166. 0
黄绵土	高肥力	1. 188	100. 0	1. 553	130. 7	1. 620	136. 4	1. 764	148. 5
黄绵土	低肥力 A	0. 864	100. 0	1. 053	121. 9	1. 260	145. 8	1. 296	150. 0
黄绵土	低肥力 B	0. 792	100. 0	1. 026	129. 5	1. 224	154. 5	1. 260	159. 1
黑垆土	高肥力	1. 080	100. 0	1. 704	157. 8	2. 556	236. 7	3. 132	290. 0
黑垆土	低肥力 A	1. 044	100. 0	1. 255	120. 2	1. 944	186. 2	2. 268	217. 2
黑垆土	低肥力 B	1. 008	100. 0	1. 236	122. 6	1. 632	161. 9	2. 088	207. 1
风沙土	高肥力	0. 486	100. 0	0. 608	125. 1	0. 770	158. 4	0. 846	174. 1
风沙土	低肥力 A	0. 378	100. 0	0. 513	135. 7	0. 580	153. 4	0. 648	171. 4
风沙土	低肥力 B	0. 270	100. 0	0. 278	103. 0	0. 386	140. 7	0. 540	200. 0
褐 土	高肥力	1. 674	100. 0	2. 307	131. 8	3. 312	191. 8	3. 204	191. 4
褐 土	低肥力	1. 224	100. 0	1. 584	129. 4	2. 248	183. 7	3. 042	248. 5
土娄 土	高肥力	1. 440	100. 0	2. 780	193. 1	3. 132	217. 5	3. 420	237. 5
土娄 土	低肥力	0. 876	100. 0	1. 890	215. 8	2. 052	234. 2	2. 232	254. 8

注: 以 10℃时为 100% ,余各温度增幅均为相对 10℃时脲酶活性增加的百分数;表中结果由底物浓度为 0. 100 mol· L⁻¹ 时得到的。

脲酶活性增加,增幅随土壤类型、肥力水平而有明显差异。如高肥力黄绵土由 10℃升至 40℃,脲酶活性仅增加 48.5%,而高肥力黄褐土 2、3 的增幅却高达 204% 和 202.5%;高肥力黄绵土、低肥力黄绵土 A、低肥力黄绵土 B、高肥力_±娄土、低肥力_±娄土及低肥力风沙土 A 随温度上升酶活性呈直线增加,相关系数分别达到 0.988^{*}, 0.967^{*}, 0.982^{*} 和 0.999^{*}, 0.994^{*} 及 0.979^{*};水稻土、黑垆土、黄褐土、风沙土、低肥力褐土在 10~30℃ 时脲酶活性增加缓慢,37~40℃急剧升高;高肥力褐土则在 30~37℃增幅最大。除高肥力褐土外,其余土样在 40℃ 时未表现出降低的趋势。同一温度下,水稻土和_±娄土的高肥力土样的增幅小于低肥力,而黄褐土和黑垆土则相反,其余土类未表现出规律性的变化;高肥力褐土土样与试剂的脲酶受温度影响(表 3)显示,10~50℃ 时,脲酶活性随温度上升而增加;60℃ 时试剂脲酶活性为 6.18 $\mu\text{g}/(\mu\text{g}^\circ\text{h})$,比 50℃ 升高了 0.04 $\mu\text{g}/(\mu\text{g}^\circ\text{h})$,增幅仅为 0.63%;而高肥力褐土土样脲酶活性 485 $\mu\text{g}/(\text{g}^\circ\text{h})$,比 50℃ 增加 104 $\mu\text{g}/(\text{g}^\circ\text{h})$,增幅高达 21.44%,直至 70℃ 时才有所降低。这是由于脲酶受到土壤粘粒和有机质的保护,其稳定性增强,热敏感性降低,土壤脲酶三级结构的稳定性增强所致^[6]。表明土壤脲酶活性作用的最适温度为 60℃。

表 3 温度对洋刀豆和土壤的脲酶活性影响

样品	20℃	30℃	40℃	50℃	60℃	70℃
洋刀豆脲酶	2.50	3.10	4.07	6.14	6.18	3.80
高肥力褐土	26.90	58.00	152.00	381.00	485.00	426.00

注:尿素质量浓度为 100 $\text{g}^\circ\text{L}^{-1}$ 时测定的结果;洋刀豆脲酶单位 $\mu\text{g}/(\mu\text{g}^\circ\text{h})$;高肥力褐土脲酶单位 $\mu\text{g}/(\text{g}^\circ\text{h})$ 。

2.2 底物浓度对脲酶活性影响

37℃ 下底物浓度对土样脲酶活性影响表明,随着底物浓度和时间的增加,酶活性升高,且到一定浓度和时间时,低肥力土样脲酶活性不再增加;当浓度为 0.1 mol/L 时,酶活性仅为 1.3 $\mu\text{g}/(\text{g}^\circ\text{h})$ 。高肥力土样酶活性未表现降低趋势;高肥力_±娄土在底物浓度为 0.05、0.1 mol/L 时,脲酶活性与时间的相关系数达 0.999^{*} 和 0.998^{*};高肥力水稻土与风沙土表现出相似的规律;在一定时间内,低底物浓度时,酶活性增加缓慢,随着浓度的增加,增幅加大;同时可看出,除水稻土外,其余土样的酶活性均为高肥力大于低肥力。

2.3 温度与底物浓度对脲酶活性的影响

在不同温度和底物浓度下,15 h 时测定脲酶活性,各土样脲酶活性受其影响差异明显。水稻土和风沙土在 10~20℃ 内表现出一个平缓区段,说明这 4 个土样在 10~20℃ 时脲酶活性随底物浓度增加增幅缓慢,在其他温度下和其余土样的脲酶则影响较大,表现出持续上升趋势,升高幅度随土样有所差异。可见除水稻土外,其余土样均为高肥力的影响较大。

2.4 土壤脲酶活性与理化性质的相关分析

不同温度下的土壤脲酶活性与理化性质的相关分析结果(表 4)表明,将陕南和关中、陕北地区的所有土样合在一起分析时,只有全磷和脲酶活性呈极显著正相关,其余均不显著相关。区分开来分析时,陕南地区土壤在 10~40℃ 内,脲酶活性与有机质、全氮、碱解氮、全磷呈极显著正相关,且在 30℃ 时相关系数达到最高,随后降低;关中、陕北地区土壤的脲酶活性与理化性质包括:物理性粘粒、有机质、全氮、碱解氮、全磷、阳离子交换量

(CaCO₃除外)的显著水平均小于 1% .这一方面说明,所有温度下的脲酶活性与土壤理化性质关系密切,脲酶活性可反映土壤肥力水平的高低;另一方面证明了在大的生态区中,由于脲酶的酶特征有明显差异,最终在分析其与肥力等的关系时应予以区分.可见,只有在同一生态区中土壤脲酶活性才可作为土壤肥力的指标之一.

表 4 土壤脲酶活性与理化性质的相关系数

温度 /℃	土壤	样本数 /个	物理性粘粒	有机质	全氮	碱解氮	全磷	阳离子交换量	CaCO ₃
10	全省土壤	19	0.033	0.232	0.292	0.180	0.929 *	0.107	
	陕南地区	6	0.562	0.943 *	0.944 *	0.984 *	0.942 *	0.160	
	关中陕北	13	0.766 *	0.879 *	0.917 *	0.875 *	0.948 *	0.847 *	0.450
30	全省土壤	19	0.136	0.310	0.362	0.232	0.853 *	0.148	
	陕南地区	6	0.509	0.994 *	0.974 *	0.977 *	0.980 *	0.155	
	关中陕北	13	0.847 *	0.895 *	0.913 *	0.831 *	0.804 *	0.819 *	0.274
37	全省土壤	19	0.211	0.336	0.424	0.283	0.863 *	0.245	
	陕南地区	6	0.384	0.919 *	0.974 *	0.858	0.957 *	0.067	
	关中陕北	13	0.832 *	0.857 *	0.925 *	0.839 *	0.843 *	0.824 *	0.279
40	全省土壤	19	0.221	0.348	0.425	0.276	0.864 *	0.253	
	陕南地区	6	0.348	0.893	0.954 *	0.814	0.940 *	0.068	
	关中陕北	13	0.837 *	0.826 *	0.882 *	0.785 *	0.835 *	0.826 *	0.248

注: * ,* * 分别代表 5%和 1%的显著水平.

3 结 论

温度和底物浓度对土壤脲酶活性的影响随土壤类型、肥力水平而有所差异,除水稻土外,对高肥力土样影响较大;在任一温度下,只有在同一生态区中土壤脲酶活性与土壤肥力关系密切,才可作为土壤肥力水平高低的指标之一.土壤脲酶作用的最适温度为 60℃.

参 考 文 献

1 关松荫.我国主要土壤剖面酶活性状况.土壤学报,1984,21(4): 368~ 381

2 陈恩凤,周礼恺.土壤肥力实质研究:I.黑土.土壤学报,1984,21(3): 229~ 237

3 Dalal R C. Distribution, salinity, kinetic and Thermodynamic characteristics of urease activity in a vertisol profile. Aust J Soil Res, 1985, 23 49~ 60

4 Beri V, Goswami K P, Brar S S. Urease activity and its michaelis constant for soil systems. Plant Soil, 1978, 49 105 ~ 115

5 Ross D J, Speir T W. Biochemical activities of organic soils from subantarctic tussock grass lands on campbell island. 2. enzyme activities. N Z J Sci, 1979, 22 173~ 182

6 Ladd J N, Bucler J H A. Humus-enzyme systems and synthetic organic polymer enzyme analogs. In Paul E A, McLaren A D, eds. Soil Biochemistry. 4th ed. New York: Marcel Dekker Inc, 1975. 143~ 194

Effect of Temperature and Substrate Concentration on Urease Activity in Shaanxi Major Soils

He Wenxiang Zhu Ming'e

(*Department of Resources and Environmental Science, Northwestern
Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100*)

Abstract The urease activities are assayed at different temperatures and substrate concentrates in nineteen samples of seven main soil types in Shaanxi Province. It shows as follows the urease activities increase with temperature and substrate concentrates rise. The degree of increase exhibits remarkable difference. Except Shuidao soil, the other higher fertile soil urease activities are more influenced quite seriously. In the same ecological region, the urease activities have a very remarkable positive correlation with the physical-chemical properties. It can serve as one of the important indexes of soil fertility level. The optimum temperature of urease is 60°C.

Key words soil urease, urease activity, Shaanxi soil

· 简 讯 ·

《西北农业大学学报》在 1997 年“被引频次最高的 中国科技期刊 500 名排行表”中位居第 227 名

根据中国科学院文献情报中心中国科学引文数据库 1997 年数据统计,《西北农业大学学报》在 1997 年“被引频次最高的中国科技期刊 500 名排行表”中位居第 227 名,被引频次为 129。进入这次 500 名排行表的全国高校学报共 69 家,本刊位居第 15 名;全国农业高校学报进入 500 名排行表的有 12 家,本刊位居第 4 名。

(申云霞 供稿)