

不同施肥条件下土壤脲酶动力学研究*

朱铭莪 乔安生

(西北农业大学农化系, 陕西杨陵 · 712100)

摘 要 用氨气敏电极法对土壤 10 年有机质定位试验中不施肥, 单施化肥和玉米秸秆加化肥 3 种施肥处理的土壤脲酶反应动力学进行了研究。结果表明, 玉米秸秆加化肥处理, 土壤脲酶的 V_{max} , V_0 值均大, 表明该处理的脲酶酶量高, 酶促反应速度快。 V_{max} , 土壤养分含量及作物产量都是秸秆加化肥 > 单施化肥 > 不施肥。

关键词 土壤, 脲酶, 反应动力学

中图分类号 S153.62, S147.3

由于农业生产中广泛使用尿素, 所以参与尿素水解作用的脲酶也日益为人们所重视^[1~2]。研究土壤脲酶酶促反应动力学, 对了解尿素在土壤中的转化是十分必要的。脲酶反应动力学研究, 国外已有一些资料^[3], 国内报道较少。

本文研究了 3 种不同施肥条件下, 土壤脲酶的动力学特征, 并探讨了温度、底物浓度对脲酶酶促反应的影响, 为合理施用尿素肥料, 提高尿素肥料的氮素利用率提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试土样

本试验所用土壤样品采自西北农业大学农作一站, 土壤 10 年有机质定位试验地的 3 种不同施肥处理小区(表 1)。按各施肥处理的 3 个田间重复小区分别 5 点采样(0~20 cm)混合后取一定量带回室内, 风干过 1 mm 筛, 备用。供试土样的农化性状见表 2。

表 1 各小区施肥处理 kg/hm²

处 理	代号	施肥种类		
		玉米秸秆	尿素肥料	过磷酸钙
未施肥	I	0	0	0
单施化肥	II	0	450	525
秸秆+化肥	III	18750	450	525

表 2 供试土样的农化性状

样号	pH (H ₂ O)	OM (g · kg ⁻¹)	全氮 (g · kg ⁻¹)	全磷 (P ₂ O ₅) (g · kg ⁻¹)	速效氮 (mg · kg ⁻¹)	速效磷 (mg · kg ⁻¹)	CEC (cmol(+) · kg ⁻¹)
I	8.98	13.1	0.89	1.46	54	4	16.7
II	8.94	14.5	0.98	1.54	60	8	16.2
III	8.93	16.5	1.08	1.57	68	12	15.9

1.2 测定方法

1.2.1 脲酶活性测定 电极法^[4~6]测定脲酶转化尿素为铵的量表示酶活性。称取 10 g 土样, 置 150 mL 三角瓶中, 加 10 mL pH=7.0 的磷酸缓冲液和 10 mL 不同浓度的尿素溶液, 摇匀后塞好瓶塞在一定温度下, 分别培养 12, 24, 48, 96 及 144 h 后, 加 30 mL 蒸馏水, 离心, 取上清 30 mL, 加 NaOH 调至 pH>11, 氨气敏电极测定。同时设置不加基质的对

收稿日期: 1993-10-29.

* 高等学校博士点基金资助项目。

照。重复 3 次。每次测定前以氯化铵配制成 $10^{-5} \sim 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 标准系列, 氨气敏电极测定并绘制标准曲线, 由标准曲线上查出供试样品的 NH_3 浓度。

1.2.2 数据处理 ①以 12 h 放氮量计算反应初速度 V_0 ; ②Michaelis-enten 方程, 用 Lineweaver-Burk 法作图 $\frac{1}{V_0} = \frac{k_m}{V_{\max}} \cdot \frac{1}{s} + \frac{1}{V_{\max}}$ 求米氏常数 (K_m) 与最大反应速度 ($V_{\max}$)。

2 结果与讨论

2.1 不同施肥处理土壤脲酶动力学参数 (K_m , $V_{\max}$)

由 3 种施肥处理的土壤脲酶动力学参数 (表 3) 看出, 处理 I 的 K_m 为 $1.75 \sim 4.04 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; 处理 II 的 K_m 为 $1.75 \sim 3.99 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; 处理 III 的 K_m 为 $1.71 \sim 16.93 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。显示 I, II 处理 K_m 值接近, 处理 III 脲酶的 K_m 值范转明显增大。

表 3 各处理土壤脲酶的动力学参数

样 号	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	$V_{\max}$ ($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	K_m ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	V_0^* ($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)
处理 I	10	6.08	2.92	7.74
	20	8.29	2.00	7.55
	30	7.51	1.75	7.80
	40	17.70	2.54	19.40
	50	16.73	4.04	15.49
处理 II	10	6.46	2.92	4.10
	20	8.65	1.75	8.24
	30	8.09	2.35	8.54
	40	22.96	3.66	26.70
	50	18.97	3.99	—
处理 III	10	11.82	1.94	10.41
	20	13.17	2.14	9.20
	30	8.17	1.71	8.71
	40	28.16	4.02	29.58
	50	43.48	16.93	55.72

注: * —— V_0 。底物浓度为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时脲酶酶促反应的初速度。

10~50 $^{\circ}\text{C}$ 处理 I 的 $V_{\max}$ 值为 $6.08 \sim 17.7 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; 处理 II 的为 $6.46 \sim 22.96 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; 处理 III 为 $8.17 \sim 43.48 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 。 $V_{\max}$ 值呈现 III > II > I 的变化规律, 各温度下顺序完全一致。 $V_{\max}$ 增大有利于脲酶酶促反应的进行, 加速了土壤中尿素肥料的转化。表 3 中反应初速度 (V_0 值) 处理 III 在各测试温度下均最大, 证实了此结论。

2.2 底物浓度及温度对脲酶反应初速度的影响

底物浓度对 3 土样脲酶酶促反应初速度的影响 (图 1~3), 总趋势是随底物浓度增加, 各土样的反应初速度相应增大。底物浓度 $< 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时反应初速度增加较快, 底物浓度继续增加, 反应初速度逐渐趋于一个最大值。

比较 3 种处理的土样, 底物浓度较低 ($0.005 \sim 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) 时, 处理 I, II 的 V_0 值差异不大, 当底物浓度 $> 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 在测试温度范围内处理 II 的 V_0 值呈大于处理 I 的趋势, 显示当尿素浓度较大时, 单施化肥处理有加速脲酶酶促反应的作用。秸秆加化肥处理, 在所设置的浓度范围内各测试温度下, 反应初速度均大于处理 I, 表明增施秸秆对促进脲酶酶促反应有良好作用, 进而证明了秸秆还田配合施用化肥有较好的土壤生化效应。

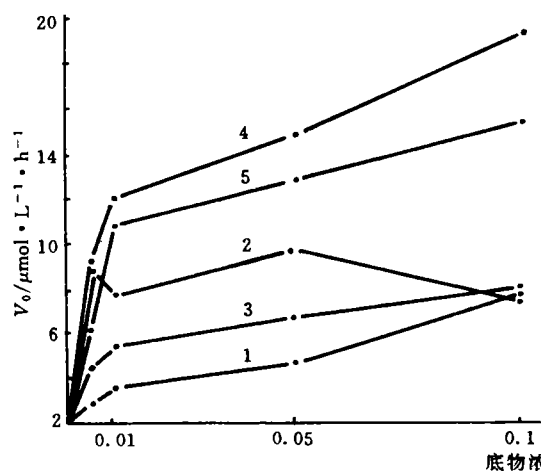


图1 未施肥处理土样不同底物浓度下的初速度

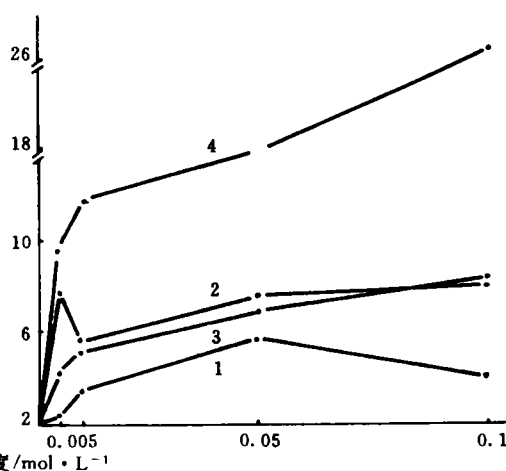
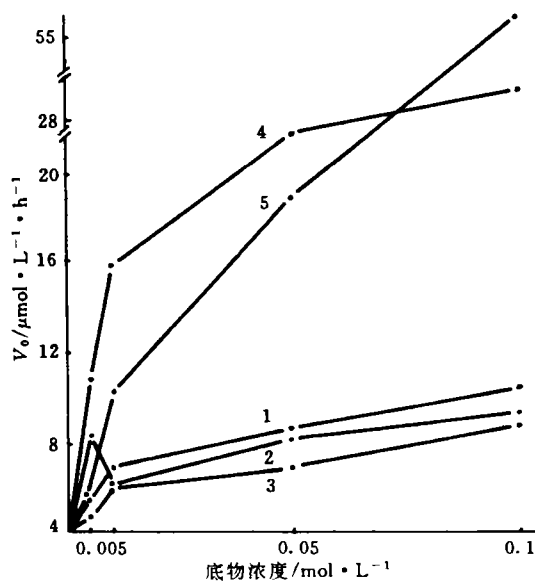


图2 化肥处理土样不同底物浓度下的速度

温度对3土样脲酶酶促反应的影响在

10~40℃范围内总的趋势是随温度升高反应初速度加快。50℃时除两个测试点外均低于40℃的 V_0 值,表明3种供试土样脲酶酶促反应,在本试验中其最佳温度为40℃。表3所示处理I, II的 V_{max} 值40℃最大,处理III 40℃的 V_{max} 值仅次于50℃的 V_{max} ,印证了此结果。

比较3种处理土样10~20℃时,各底物浓度条件下,处理I V_0 值有大于处理II的趋势,但30℃以上则处理II大于处理I。表明单施化肥处理,当土壤温度高于30℃时有利于脲酶活性增强。处理III 10~40℃,各底物浓度下 V_0 值均大于处理II,50℃时除0.005,

图3 秸秆土化肥处理土样不同底物浓度下的速度
1—10℃+2—20℃, 3—30℃, 4—40℃, 5—50℃

0.01 mol · L⁻¹底物浓度外也大于处理II,显示秸秆加化肥处理在各测试温度条件下,皆处于比单施化肥的土壤脲酶活性高的状态。由以上讨论看出,土壤施尿素肥料,特别是施用秸秆加施尿素,土壤的脲酶量增加,酶促反应速度加快,促进了尿素肥料水解转化。

参 考 文 献

- 1 周礼恺. 土壤脲酶活性与尿素肥料在土壤中的转化. 土壤学进展, 1984(1), 1~9
- 2 薛泰麟, 闵九康, 孙 毅. 从土壤脲酶性质的角度探讨尿素合理施用的途径. 中国农业科学, 1991, 24(4), 61~68
- 3 Алиев С А, Галжиев Д А, Микайылов Ф Л. Кинетические И Термодинамические Характеристики Ферментов Инвеортазы И Уреазаы В Почвах Азербайджанской Сср. Почвоведение, 1984(11), 56~66
- 4 关松荫, 张德生, 张志明等. 土壤酶及其研究法. 北京: 农业出版社, 1986
- 6 黄德培, 沈子琛, 吴国梁等. 离子选择电极的原理及应用. 北京: 新时代出版社, 1982
- 7 南京农学院主编. 土壤农化分析. 北京: 农业出版社, 1980

The Urease Kinetics in Lou Soil Under Different Fertilization Conditions

Zhu Minge Qiao Ansheng

(Department of Soil Science and Agrochemistry, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract The urease kinetics of three treatments of fertilization (without fertilizer, only with chemical fertilizer and corn stalk+chemical fertilizer) in the 10-year organic matter fixed position experiments in Lou soil was studied using the ammonia electrode method. The results showed that the values of $V_{\max}$ and V_0 in the treatment of corn stalk+chemical fertilizer were the largest, thus indicating that an amount of urease was high, and the urease-controlled reaction speed was fast. The $V_{\max}$ values, soil nutrient contents and crop yields all were: corn stalk+chemical fertilizer > only chemical fertilizer > without fertilizer applied.

Key words Lou soil, urease, reaction kinetics