

土壤酶和土壤肥力关系的初探

祁和意 高克信

(西北农学院土壤农化系)

酶是一种生物催化剂,它具有高度的专一性和很强的催化能力。在生物体内,正是由于大量的不同种类的酶的存在,才使得生物体内的代谢活动能够迅速而有条不紊地进行。所谓土壤酶,就是指由土壤微生物、植物根系和土壤中其它生物细胞产生的胞内酶和胞外酶的总称^[1]。土壤酶一般呈稳定态吸附在土壤胶体上。有的以游离态分布在土壤溶液里或附着在活的细胞上。土壤酶是土壤中生物活性最强的部分,它参与土壤中有机物质的分解、合成以及碳、氮、硫、磷等养分释放的全过程。凡是与土壤中的物质和能量转化有关的生物化学反应,都是在土壤酶的作用下完成的。因此,它对土壤的发生和发育及其有效养分的形成,对土壤肥力的演变,都起着重要的作用。

为了证实土壤酶活性来表征耕层土壤肥力水平高低的可能性,我们通过对耕层土壤的某些肥力因子(如土壤有机质、土壤微生物数量、土壤呼吸强度等)与土壤酶活性关系的测定,来探索这一问题。通过试验得到了肯定的答复。现将试验结果报告如下:

一、材料与方法

试验土壤为武功头道原红油土的耕层土壤,取于本院农化教研组“合理施肥”研究组设在“寨东点”的肥料长期定位试验地。该试验地已进行了五年的肥料试验,采样时正生长着第11料作物(玉米)。我们择其高肥($M_2N_2P_0$;即每料作物亩施有机肥一万斤,尿素20斤,过磷酸钙50斤)、中肥($M_1N_1P_0$;即每料作物亩施有机肥5千斤,尿素10斤,不施过磷酸钙)、低肥($M_0N_0P_0$;即每料作物不施任何肥料作为对照)三个小区取土分析。每小区面积为0.1亩,以对角线五点取样,前后取样三次,分别测定,每次三个重复。

土壤酶活性的测定:在称取定量的土壤中,加入一定量的作用基质,使其置于待测的某种土壤酶最适宜的温度及pH条件下,经过一定时间的反应,然后测定其反应过程中转化了的基质或生成反应产物的量,以表示土壤酶的活性。本试验用 A. И. Галсмян (1956) 气量法测定过氧化氢酶^[2],用 D. J. Ross 法 (1965) 测定转化

酶^[3]，用А. III. Галсмян与Г. П. шюпа法（1959）测定脲酶，其中对培养混合物中氮的测定方法是按А. III. Галсмян（1965）提出的改进方法进行的^[3]。过氧化氢酶的活性以每分钟每克干土产生的氧气毫升数表示（ CO_2 毫升/分钟·克干土），转化酶以每克干土24小时内生成的葡萄糖微克分子数表示（葡萄糖微克分子/24小时·克干土），脲酶以每克干土24小时内生成的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 毫克数表示（ $\text{NH}_3\text{-N}$ 毫克/24小时·克干土）。过氧化氢酶和脲酶用无酶对照，转化酶用无基质对照。

土壤呼吸强度的测定：用土壤碱吸收酸滴定法^[4]。以每克干土24小时内放出的二氧化碳毫克数表示（ CO_2 毫克/24小时·克干土）。

土壤有机质的测定：用重铬酸钾容量法——水合热法^[4]。

土壤微生物数量的测定：用土壤稀释平面涂抹法和稀释滴定法。氨化细菌用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基，真菌用马丁氏（Martin）培养基，放线菌用高氏一号（Gause's I）合成培养基，硝化细菌用改良斯蒂芬逊（Stephensen）培养基，纤维分解菌用赫奇逊（Hutchison）培养基^[6]。

二、结果讨论

（一）土壤酶活性同土壤有机质的关系

通过试验测定知道，在肥力不同的土壤上，过氧化氢酶、转化酶和脲酶的活性都随着土壤有机质含量的增减而发生规律的变化（表1）。

表1 土壤酶活性同土壤有机质的关系

酶 种 类	肥 力	酶 活 性	对比百分率
过氧化氢酶* (O_2 毫升/分钟·克干土)	高	5.36	82.21
	中	5.59	85.74
	低	6.52	100.00
转 化 酶** (葡萄糖微克分子/24小时·克干土)	高	94.51	118.81
	中	85.78	107.83
	低	79.55	100.00
脲 酶* ($\text{NH}_3\text{-N}$ 毫克/24小时·克干土)	高	0.845	130.60
	中	0.731	112.98
	低	0.647	100.00

注：不同肥力土壤有机质含量（%），高肥力为1.20，中肥力为1.15，低肥力为1.12。

• 三次测定平均值 ** 两次测定平均值

其中转化酶和脲酶活性,随土壤有机质含量的提高而增强,过氧化氢酶活性随土壤有机质含量的提高呈现出相反的趋势。这同东北黑土上过氧化氢酶活性随土壤肥力的提高而增强的结论^{[7]、[8]}恰好相反,而同西北黑垆土上过氧化氢酶活性随土壤肥力的提高而递减的结论^[9]相一致。这是否与垆土的生态条件等因素有关,尚待进一步研究。

从土壤酶活性同土壤有机质的关系中能够看出,随着土壤有机质含量的增加,可以明显地反映到土壤酶活性的变化上来。譬如当土壤有机质含量增2.68—7.14%时,转化酶同脲酶活性分别增加7.83—18.81%和12.98—30.60%。之所以土壤酶活性同土壤有机质含量之间呈现出这种关系,是因为含有机质多的土壤,能量充足,营养丰富,生物活性高,因而表现在土壤酶活性上就强,反之则弱。不过这两酶在有机质含量不同的土壤中,其活性增减幅度却很不一致。如转化酶活性:高肥力比中肥力高10.98%,比低肥力高18.81%;脲酶:高肥力比中肥力高17.62%,比低肥力高30.60%,说明了脲酶比转化酶对土壤有机质变化的反应更为敏感。

在垆土上,一般说来,腐殖质积累多的农田土壤熟化程度较高。转化酶能够使双糖(蔗糖)水解成单糖,而双糖可以来源于腐殖质的合成、分解过程,这就是说,土壤酶活性在某种程度上可以用来表征土壤的熟化程度。

氮素是作物生长发育过程中必需的三要素之一。脲酶能促使土壤中的尿素分解成 NH_3 和 CO_2 ,为作物提供可直接利用的氮素营养。土壤中的尿素一部分是随植物残体和粪肥及尿素化肥进入土壤的,一部分则来源于土壤中的含氮有机化合物^[3]。所以,脲酶活性的变化能反映土壤中尿素分解的快慢。

(二) 土壤酶活性同微生物数量、土壤呼吸强度的关系

根据测定结果(表2)证实:在土壤中,土壤酶活性、土壤呼吸强度以及细菌、放线菌、真菌三大类群微生物以及主要生理类群的硝化细菌、纤维素分解细菌的数量都随土壤肥力的提高而增加。这是因为:微生物在其生命活动中,除需要适宜的环境条件外,还需要充足的能量和各种营养物质,如果土壤中能量和营养物质丰富,土壤中微生物的生长繁殖就旺盛,反之微生物的生长繁殖则受到限制。

表2 土壤酶活性同土壤微生物数量和土壤呼吸强度的关系

肥力	转化酶 (葡萄糖微克分子/24小时·克干土)	脲酶 (NH_3 -N毫克/24小时·克干土)	呼吸强度* (CO_2 毫克/24小时·克干土)	细菌 万/克干土	放线菌 万/克干土	真菌 万/克干土	硝化细菌 万/克干土	纤维素分解细菌 万/克干土
高	94.51	0.845	0.457	3706.89	711.08	0.543	5.39	2.932
中	85.78	0.731	0.338	2991.48	400.00	0.232	1.68	1.312
低	79.55	0.647	0.280	993.21	262.19	0.095	0.05	2.065

微生物数:玉米喇叭口期测定结果 * 两次测定平均值

如果将表2中在低肥力土壤中测得的数据定为100,把中肥力和高肥力土壤上测得

的数据换算成相应的百分数,那么从表3可以发现土壤中的三大类微生物(细菌、放线菌和真菌)的数量,随着土壤肥力的提高而成倍增长,但土壤酶活性却只增加了7—

表3 以低肥力测定结果为100的换算值

肥 力	转化酶	脲 酶	细 菌	放线菌	真 菌
高	118.81	130.60	373.22	271.21	571.58
中	107.83	112.98	301.19	152.56	244.21
低	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

30%,这就恰好说明了土壤酶活性虽然受着土壤微生物数量的影响,但两者增涨的幅度并不一致,之所以出现这种状况,是因为生活微生物细胞的胞内酶,并不是土壤酶的组分,不参加土壤生化过程的催化作用,所以微生物数量虽然是成倍增加,但土壤酶活性提高的并不多,这与土壤酶是“累积的酶”(或叫作“脱离活体的酶”)的概念是相符合的^[10]。

(三) 土壤酶活性同玉米几个生育期的关系

有关资料^[11]指出,土壤酶活性和作物生育期有着良好的协调性。作物在各生育阶段,对营养的需要量不同,玉米喇叭口期是它进入营养生长和生殖生长的重叠期,此时玉米吸收养分数量猛增,根系分泌物增多,土壤微生物数量也随之增加,因而土壤酶活性相应增强。由于酶活性的增强,土壤生化过程活跃,加快了土壤有机质的矿化速度,丰富了土壤中有效养分的含量。这种协调性正好有利于玉米生长过程中对养分的需求。玉米在喇叭口期要从土壤里摄取大量的养分来形成其本身的干物质。从我们的试验结果中也可以看出,在玉米的不同生育期(尚缺开花期*)中土壤酶活性在喇叭口期最高(表4)。其中转化酶高达105.40,乳熟期下降为83.62;脲酶为0.931,乳熟期为0.646,但收获后反而升高。不过收获后脲酶的升高是由于犁耕时施了有机肥所致。

表4 玉米几个生育期土壤酶活性的比较

肥 力		高	中	低
喇叭口期	H ₂ O ₂ 酶(O ₂ 毫升/分钟·克干土)	8.15	8.76	9.93
	转化酶(葡萄糖微克分子/24小时·克干土)	105.40	95.93	87.23
	脲酶(NH ₃ —N毫克/24小时·克干土)	0.931	0.772	0.639
熟 化 期	H ₂ O ₂ 酶(O ₂ 毫升/分钟·克干土)	5.13	5.65	6.62
	转化酶(葡萄糖微克分子/24小时·克干土)	83.62	75.63	71.86
	脲酶(NH ₃ —N毫克/24小时·克干土)	0.646	0.554	0.481

* 因天阴多雨,开花期未能测定。

收 获 后 犁 翻	H ₂ O ₂ 酶 (O ₂ 毫升/分钟·克干土)	2.81	2.35	3.00
	转化酶(葡萄糖微克分子/24小时·克干土)	/	/	/
	脲酶(NH ₃ -N毫克/24小时·克干土)	0.959	0.868	0.822

(四) 土壤酶活性同土壤肥力的关系

如前所述,我们测定的土壤酶活性同指示土壤肥力的几个主要项目,如土壤有机质含量、土壤微生物数量、土壤呼吸强度都呈现出平行关系,且随土壤肥力的提高而增加。另外,土壤肥力状况如何必然会反映到作物的产量上来,所以作物产量也是土壤肥力的一个重要指标。本试验结果指出玉米的产量是随着土壤肥力的提高而增加的,也就是说土壤酶活性同土壤肥力的其它几个指标和玉米的产量间均表现出协调上升的关系(表5)。经统计分析也证明了这一点,从表6的相关系数可以看出土壤酶同土壤有机质之

表5 土壤酶活性同土壤几个肥力指标的关系

	转化酶 (葡萄糖微克分子/24小时·克干土)	脲酶 (NH ₃ -N毫克/24小时·克干土)	有机质 (%)	呼吸强度 (CO ₂ 毫克/24小时·克干土)	微生物总数 (细菌·放线菌·真菌) (万/克干土)	玉米产量 (斤/亩)
高	94.51	0.845	1.20	0.457	4418.51	575.0
中	85.78	0.731	1.15	0.338	3391.71	288.5
低	79.55	0.647	1.12	0.280	1255.50	152.0

表6 土壤酶同有机质和产量之间的相关性

	H ₂ O ₂ 酶	转 化 酶	脲 酶	产 量
有 机 质	-0.980**	0.887**	0.897**	0.998*
H ₂ O ₂ 酶		-0.759*	-0.819**	-0.841**
转 化 酶			0.789*	0.890**
脲 酶				0.890**

*P<0.05, ** P<0.01

间、土壤酶同产量之间均存在着密切的相关性,其中有机质同转化酶、脲酶成正相关,和过氧化氢酶成负相关。由此说明土壤酶活性可以用来反映土壤肥力的高低。另外在不同的土壤酶之间也存在着显著的相关性,如转化酶和脲酶之间表现出相互促进的作用,

这可能是转化酶的作用促进了碳水化合物的水解生成简单糖类,脲酶的作用促进了含氮有机物的分解生成氨,从而使产生这两类酶的微生物互为有利,起到相互促进的作用。

三、结 束 语

土壤作为一个自然客体,在它发生、发育的每一个过程中都伴随着极其复杂的生化反应,而生化反应的实质是在土壤酶的参与下进行的,其反应的结果直接影响着土壤肥力的高低,所以研究土壤酶活性对于鉴定土壤、评价土壤肥力、定向培肥地力有着重大的意义。根据初步探讨认为:

1. 在垆土耕层土壤上,土壤酶活性可以作为表征土壤肥力高低的一个辅助指标,其中脲酶对土壤肥力的变化较为敏感。
2. 垆土土壤酶活性与土壤有机质含量和玉米产量间存在着明显的相关性。在土壤酶中转化酶和脲酶同土壤有机质含量和玉米产量成正相关,而过氧化氢酶同二者成负相关。
3. 玉米生长进入旺盛期,土壤酶活性随之增强,这种协调性有利于玉米对可溶性养分的需要。
4. 土壤微生物是土壤酶的主要来源之一,但二者的增涨幅度并不一致,尽管如此,土壤微生物的数量仍可作为反映土壤肥力高低的一个因子。

参 考 文 献

- 〔1〕 祁和意:土壤酶简介。陕西农业科学,1981年第六期。
- 〔2〕 A. Ш. Галсмян:土壤酶活性测定方法的统一问题。土壤学进展1980年第一期。
- 〔3〕 郑洪元等译:《土壤酶活性》。1980年科学出版社。
- 〔4〕 李良谟等:西吡对抑制硝化过程和其它微生物的影响。土壤学报,1981年18卷第一期。
- 〔5〕 南京农学院主编:《土壤农化分析》。1980年农业出版社。
- 〔6〕 中国科学院林业土壤研究所微生物室主编:《土壤微生物分析方法手册》。1960年科学出版社。
- 〔7〕 张宪武等:丰产大豆土壤的生物化学活性。土壤学报,1962年10卷第一期。
- 〔8〕 周礼凯等:黑土的酶活性。土壤学报,1981年18卷第二期。
- 〔9〕 黄世伟:土壤酶活性与土壤肥力。土壤通报,1981年第四期。
- 〔10〕 周礼凯:土壤酶与植物营养。未刊稿,1980年11月。
- 〔11〕 邱凤琼等:东北黑土有机质和酶活性与土壤肥力的关系。土壤学报,1981年18卷第三期。

A Preliminary Discussion on the Relationship Between Soil Enzymes and Soil Fertility

Qi Heyi Gao Kexin

Abstract

It has been proved in the research that soil enzyme activities can be regarded as a supplementary index of soil fertility in Lou soil tilth. There exists an obvious correlation among soil enzyme activities in Lou soil and soil organic contents as well as corn yields. Microorganism in soils is one of the principal sources of soil enzymes, but the increasing margin of both is not in uniformity. Nevertheless, the amount of soil microorganism can serve as a factor to indicate the soil relative fertility.