

# 土壤酶活性影响因子的研究

## I. 有机肥料对土壤中酶活性及氮磷转化的影响\*

关松荫

(中国农业科学院土壤肥料研究所)

### 摘 要

本文研究了黄淮海平原广泛应用的秸秆肥、牲畜粪、堆肥和其他有机肥料的酶活性。在供试材料中, 秸秆肥的蔗糖酶和淀粉酶活性较其他有机肥料的强: 蔗糖酶活性在 500 毫克葡萄糖/克以上, 淀粉酶活性 15 毫克麦芽糖/克以上。除个别例外, 牲畜粪的脲酶活性较其他有机肥料的强, 酶活性在 18 毫克  $\text{NH}_3\text{-N}$ /克以上; 其蛋白酶活性也比其他有机肥料的强。大豆根肥是供试材料中酶活性状况最好的有机肥料。塘泥的酶活性较其他有机肥料的低。蚯蚓排泄物不仅具有较强的蔗糖酶和磷酸酶活性, 而且也有一定的淀粉酶、脲酶和蛋白酶活性。

在实验室条件下, 用秸秆粉和牲畜粪处理土壤, 能不同程度的增强其蔗糖酶、磷酸酶和脲酶活性。

田间试验表明, 施高量麦秸肥的潮土脲酶和磷酸酶活性较强, 施低量的则较弱。有机肥料不仅能增强土壤酶活性, 而且对土壤有效氮、磷的转化起重要作用。

为了培肥土壤、提高农作物产量, 我国农民在生产实践中积累了丰富的生产经验。施用有机肥料就是其中之一。

有机肥料的种类很多。在黄淮海平原具有重要意义的是秸秆肥料、牲畜粪和堆肥等。这些有机肥料的许多功能, 如改善土壤物理、化学、物理化学和生物学特性等, 已为大量科学研究结果所证实。然而, 对它们的生物化学特性和作用, 目前国内较少系统研究。本工作主要是研究黄淮海平原广泛采用的有机肥料的酶活性、几种代表性有机肥料对潮土酶活性的影响以及不同施肥水平条件下土壤中的酶活性与氮磷转化的关系, 为评价有机肥料的生化特性及其对于土壤酶活性及物质转化的影响提供初步依据。

## 一、材料与方 法

(一) 材料 有机肥料样品除马粪、猪粪、兔粪和蚓粪采自北京海淀外, 其余均采集自山东省陵县。样品风干后粉碎, 过 1 毫米筛。潮土样品 (0—20 厘米) 分别采自山东省陵县和禹城, 前者的属中等肥力水平土壤, 冬小麦+夏玉米亩产为 500 公斤左右。供试土壤农化性质及酶活性见表 1。

(二) 方法 1. 实验室试验: 将 50 克土壤(过 1 毫米筛)与一定量有机肥料混合均匀后, 盛于带盖的圆柱形硬质塑料合(直径×高=5×8厘米)中, 然后加水到土壤含水量为 20%, 于不同温度条件下

\* 成文后蒙周礼凯先生审阅, 杨振基同志提供部分样品, 宋维春、朱平同志参加测定工作, 谨致谢意。

(0℃——冰箱冻结室内, 15℃—17℃——室温下; 30℃和 45℃——恒温培养箱内)培养。第 7、15、25 和 30 天测定土壤蔗糖酶、脲酶和磷酸酶活性。

2. 田间试验: 在山东省禹城一年两熟制(冬小麦—夏玉米)的潮土上进行。共三种施肥水平, 即每亩施 500 公斤、1500 公斤和 2500 公斤麦秸肥。每个处理面积 2 亩, 秋耕前将肥料撒施作基肥。在连年施肥处理的第 3 年, 在作物不同生育时期, 取耕层土样测定酶活性及氮、磷含量。

3. 土壤淀粉酶活性测定: 用 T. A. Шербакoвa 法 (1968), 酶活性以麦芽糖毫克/克土 (37℃, 24 小时) 表示。土壤碱性磷酸酶活性用 Ф. X. Хазнев 法 (1968), 酶活性以  $P_2O_5$  毫克/100 克土 (30℃, 2 小时) 表示<sup>[7]</sup>。土壤蔗糖酶、蛋白酶、脲酶活性及有机质、全氮、全磷、有效磷和水解氮测定均按前文<sup>[1]</sup>方法进行。有机肥料的酶活性测定, 除酌减样品量和试剂量外, 方法步骤及酶活性表示均与土壤酶活性的相同。

表 1 土壤农化性质及酶活性

Table 1 Agrochemical Characters and enzyme activities of the soil

有机质 O. M. (%)	全氮 Total-N (%)	水解氮 Hydroly- zable-N (ppm)	有效磷 ( $P_2O_5$ ) Available- P (ppm)	全磷 ( $P_2O_5$ ) Total-P (%)	pH	蔗糖酶 Invertase (Glucose mg/g)	淀粉酶 Amylase (maltose mg/g)	蛋白酶 Protease ( $NH_2-N$ mg/g)	脲酶 Urease ( $NH_3-N$ mg/g)	碱性磷酸酶 Alkaline Phosphatase ( $P_2O_5$ mg/100g)
实验室试验样品 (山东陵县)										
1.16	0.06	50	30	0.14	8.7	4.8	1.0	0.43	0.51	4.1
田间试验基础样品 (山东禹城)										
1.12	—	48	14	0.17	8.2	—	—	—	15	10.2

注: 田间试验基础样品的脲酶活性以  $NH_3-N$ mg/100g 表示。

## 二、结果与讨论

### (一) 有机肥料的酶活性

关于施用有机肥料能促进土壤生化过程的问题, 国内外学者已有较多的论述。然而, 对不同种类有机肥料的酶活性状况却较少涉及。我们的研究表明, 有机肥料多具有较强的酶活性; 肥料种类不同, 酶活性也存在明显的差异 (表 2)

1. 秸秆肥的蔗糖酶和淀粉酶活性较高。豆秸肥、棉秸肥、麦秸肥和玉米秸肥的蔗糖酶活性相应地为 3210、1280、1160 和 584 毫克葡萄糖/克, 相当于潮土蔗糖酶活性的 120—660 倍。几种秸秆肥的淀粉酶活性范围为 15.6—63.0 毫克麦芽糖/克, 相当于潮土淀粉酶活性的 15—63 倍。除鸡粪和羊粪外, 其他牲畜粪的蔗糖酶和淀粉酶活性均较低: 蔗糖酶活性仅为几至几十毫克/克, 淀粉酶活性在 4 毫克/克以下; 牛粪的淀粉酶活性最低, 仅为 0.2 毫克/克。由于作物秸秆含碳量比畜禽粪的高 (如麦秸含碳一般在 40% 以上, 而牲畜粪的有机物才占其总量的 15—25% 左右<sup>[4]</sup>), 秸秆肥较畜禽粪能提供更多的糖酶酶促基质。同时, 作物秸秆在腐熟过程中胞内酶能释放成为胞外酶。这两方面是秸秆肥蔗糖酶和淀粉酶活性较高的原因。

2. 畜禽粪的脲酶活性较高。除马粪和兔粪的脲酶活性稍低外, 牛粪、猪粪、羊粪和

表 2 不同种类有机肥料的酶活性 (1984 年)

Table 2 Enzyme activities of different organic manures (1984)

种类 Species	状态 Status	蔗糖酶 Invertase (glucose mg/g)	淀粉酶 Amylase (maltose mg/g)	蛋白酶 Protease (NH <sub>2</sub> -N mg/g)	脲酶 Urease (NH <sub>3</sub> -N mg/g)	碱性磷酸酶 Alkaline Phosphatase (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g)
1. 秸秆肥						
麦秸肥		1160	15.6	5.12	5.70	120.2
玉米秸肥		584	30.0	6.14	6.96	165.6
豆秸肥		3210	63.0	11.63	21.30	552.5
棉秸肥		1280	30.6	6.79	10.26	246.2
2. 畜禽粪						
猪粪	腐熟	4	0.4	6.37	23.10	79.2
牛粪	风干	12	0.2	6.79	18.75	218.4
马粪	半腐熟	42	1.0	4.10	2.52	99.7
羊粪	半腐熟	376	8.0	9.67	26.25	351.8
鸡粪	半腐熟	460	35.4	10.42	54.30	338.6
兔粪	腐熟	8	3.4	6.21	1.74	151.0
3. 泥土肥						
塘泥		0.5	1.9	0.35	0.33	5.0
堆肥		164.3	16.0	0.91	3.30	54.0
4. 饼肥						
芝麻饼	风干	192	18.2	3.44	1.89	73.3
5. 其它						
蚓粪	马粪饵料	52	1.4	4.46	0.96	58.6
蚓粪	蘑菇渣饵料	116	4.0	3.79	2.64	82.1
草皮肥		1952	58.4	6.23	7.02	447.0
草木灰		0	0	0	0	0

鸡粪的脲酶活性范围为 18.75—54.30 毫克 NH<sub>3</sub>-N/克, 相当于潮土脲酶活性的 37—106 倍。从分析资料大致可看出, 除个别例外, 畜禽粪蛋白酶活性亦存在比秸秆肥的略高的趋势。一般情况下, 畜禽粪的含氮量比秸秆肥的高(如猪粪、羊粪、牛粪和鸡粪含氮量分别为干物重的 3、1.7、1.8 和 3.7%, 而麦秸、棉花秸和玉米秸的相应为 0.6、0.5 和 0.5%<sup>[1]</sup>)。表明畜禽粪较秸秆肥能提供更多的含氮酶促基质。另外, 畜禽粪中还含有生物活体分泌的脲酶和蛋白酶。因此, 其中这两种酶活性较高。

3. 除塘泥外, 秸秆肥、草皮肥和畜禽粪的磷酸酶活性均较高。磷酸酶活性范围为 54—552.5 毫克 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 克, 相当于潮土磷酸酶活性的 13—135 倍。

4. 豆秸肥是供试样品中酶活性状况最好的一种有机肥料。它具有较强的蔗糖酶、淀粉酶、蛋白酶、脲酶和磷酸酶活性。由此可见, 在生产中施用豆秸肥不仅可以向土壤补充碳氮磷营养元素, 而且能够将多种酶类直接带入土壤, 为土壤中有机物质转化提供条件。在黄淮海地区, 农民把豆秸肥当优质肥施用, 从生化特性来分析是有其道理的。

5. 研究资料证明, 蚯蚓能分泌酶类, 蚓粪含有蔗糖酶和磷酸酶<sup>[5,6]</sup>。我们的研究结果

(表 2) 表明, 蚯蚓粪不仅具有较强的蔗糖酶和磷酸酶活性, 同时也具有一定的淀粉酶、脲酶和蛋白酶活性。比较不同饵料的蚓粪酶活性发现, 蘑菇渣(棉籽壳)饵料的蚓粪蔗糖酶、淀粉酶、脲酶和磷酸酶活性比马粪饵料的蚓粪相应酶活性高得多。前者与后者比较, 蔗糖酶活性高 1.2 倍, 淀粉酶活性高 1.8 倍, 脲酶活性高 1.7 倍, 磷酸酶活性高 0.4 倍, 仅蛋白酶活性较低。蚓粪是一种土壤改良剂, 又是花卉园艺的优质肥料。从蚓粪的生化特性来看, 选择蘑菇渣作蚯蚓饵料更好些。

6. 在供试的有机肥料中, 塘泥的酶活性是最低的。它的淀粉酶和磷酸酶活性仅略高于潮土的相应酶活性, 而蛋白酶和脲酶活性则略低于潮土的相应酶活性。因此, 施用塘泥无助于增强潮土的酶活性。

7. 草木灰没有显示任何酶活性。

## (二) 不同种类有机肥料对土壤酶活性的影响

研究证明, 施用有机物料可以增强土壤中的酶活性。添加不同种类植物物质时, 对土壤酶活性的影响程度是不一样的<sup>[9]</sup>。

1. 土壤蔗糖酶活性的变化(表 3): 在供试的有机物中, 秸秆粉对土壤蔗糖酶活性的影响较大。其中: 玉米秸粉、玉米秸粉+NP 处理的土壤蔗糖酶活性较对照的增加 150—156 倍; 麦秸粉、麦秸粉+NP 处理的较对照的增加 40—91 倍。与秸秆粉的效果相比, 几种牲畜粪对土壤蔗糖酶活性的影响较小: 厩肥、牲畜粪处理的土壤蔗糖酶活性较对照的只增加 1—19 倍。供试有机物对土壤蔗糖酶活性的影响顺序: 秸秆粉>厩肥>牲畜粪(羊粪除外)。这种趋势基本符合秸秆肥和牲畜粪的蔗糖酶活性状况。

表 3 有机肥料对潮土酶活性的影响(4 次测定的平均值)

Table 3 Effects of organic manure on enzyme activities in fluvo-aquic soil  
(Average of four tests)

样品号 No. of Sample	处 理 Treatments	蔗 糖 酶 Invertase (glucose mg/g)	脲 酶 Urease (NH <sub>3</sub> -N mg/g)	碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g)
1	土壤(对照)	0.94	0.4	2.9
2	土壤+ N <sub>2</sub> mg + P <sub>2</sub> mg	0.94	0.8	—
3	土壤+麦秸粉 3.4g	37.45	1.2	22.1
4	土壤+麦秸粉+ NP	85.70	2.2	53.4
5	土壤+玉米秸粉 3.4g	141.30	2.6	66.4
6	土壤+玉米秸粉+ NP	146.7	2.6	74.3
7	土壤+猪粪 3.4g	1.7	1.7	24.3
8	土壤+马粪 3.4g	5.5	0.4	8.6
9	土壤+厩肥 3.4g	18.2	1.1	23.0
10	土壤+厩肥+ NP	12.3	1.9	29.1
31	土壤+牛粪 3.4g	8.2	1.2	34.6
32	土壤+羊粪 3.4g	14.1	1.3	42.6

2. 土壤脲酶活性的变化(表 3): 秸秆粉有利于增强潮土的脲酶活性, 经秸秆粉处理后, 土壤脲酶活性比对照的增加 3—7 倍, 其中玉米秸粉比麦秸粉的作用略大些。在供试的牲畜粪中, 除马粪的脲酶活性较低, 对潮土脲酶活性没有影响外, 其它牲畜粪处理的土

壤脲酶活性较对照的增加·2—4倍。

3. 土壤碱性磷酸酶活性的变化(表3): 秸秆粉和牲畜粪均能对潮土碱性磷酸酶活性产生较大的影响, 其中秸秆粉处理的土壤碱性磷酸酶活性较对照的增加7—25倍。玉米秸粉的作用比麦秸粉的大, 这与它们对土壤蔗糖酶和脲酶活性的影响趋势相同。牲畜粪处理的土壤碱性磷酸酶活性较对照的增加3—15倍。它们的影响效果顺序: 牛粪、羊粪 > 猪粪、马粪。这一顺序与表2中列举的畜粪的磷酸酶活性状况是一致的。

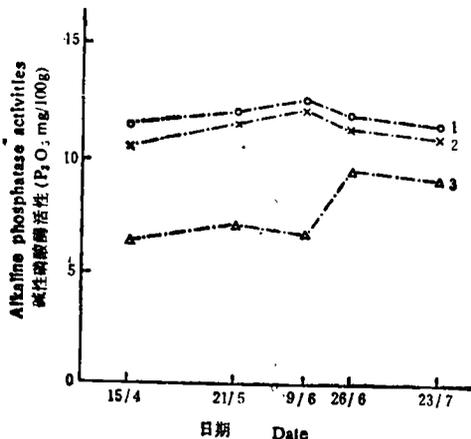
从表3还可以看出, 有机物料与NP化肥混施, 比单施有机物料能更好地增强土壤酶活性。

### (三) 不同施肥水平潮土的酶活性与氮磷的动态变化

研究证明, 土壤中的部分有效氮、磷是有机氮、磷的转化产物。这种转化作用既受土壤水分、温度、pH值的影响, 也与土壤酶活性有关<sup>[4]</sup>。

我们的试验结果(图1与3)表明, 连续3年施用不同数量有机肥料, 导致土壤酶活性有较大的变化。施用高量麦秸肥(2500公斤/亩)的土壤, 在作物生育时期内, 脲酶和磷酸酶活性始终处于较高的水平; 施用低量(500公斤/亩)的酶活性始终较低; 施用中量(1500公斤/亩)的酶活性水平始终居中。季节变化及作物生育影响并未改变因有机肥料数量不同而引起的土壤酶活性的差异。

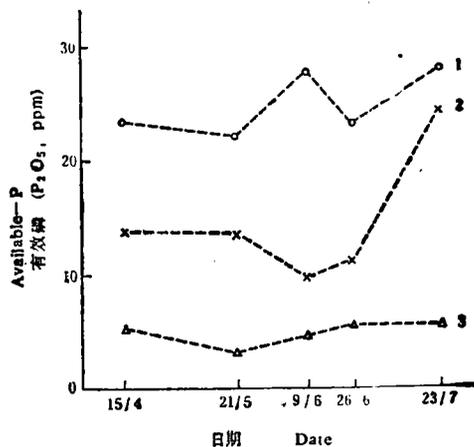
从图2可见, 连年施用高量麦秸肥的土壤有效磷含量较高, 施低量的较低, 施中量的居中。在作物生育时期内, 土壤有效磷的含量既依赖于土壤有机磷含量及磷酸酶促的转化作用, 也与作物生育有关。4月中旬至5月中旬, 灌溉条件下的潮土水分、温度状况较好, 磷酸酶活性增强。但因小麦正处于孕穗灌浆阶段, 吸磷量较多, 三种施肥水平的土壤有效磷均表现出降低的趋势。5月中旬至6月上旬, 土壤温度更有利于增强磷酸酶活性和有机磷矿化作用, 加之小麦正值成熟时期, 吸磷量较少, 因此土壤有效磷略有积累。高量麦秸肥处理表现明显, 中量麦秸肥处理的变化趋势不够一致。



1. 2500 公斤/亩麦秸肥; 2. 1500 公斤/亩麦秸肥;  
3. 500 公斤/亩麦秸肥。

图1 潮土碱性磷酸酶活性的变化

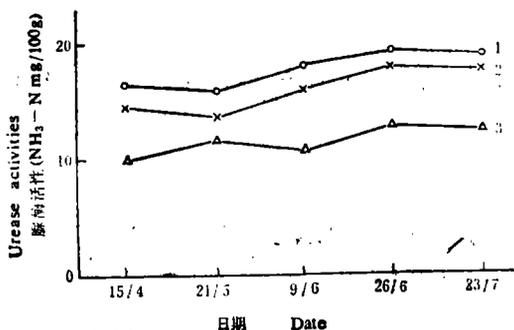
Fig. 1 Changes of Alkaline phosphatase activities in fluvo-aquic soil



1. 2500 公斤/亩麦秸肥; 2. 1500 公斤/亩麦秸肥; 3. 500 公斤/亩麦秸肥。

图2 潮土中有效磷的变化

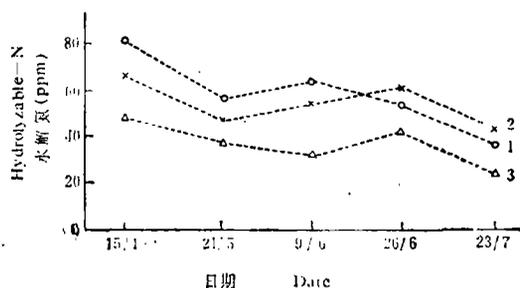
Fig. 2 Changes of available-P in fluvo-aquic soil



1. 2500 公斤/亩麦秸肥; 2. 1500 公斤/亩麦秸肥;  
3. 500 公斤/亩麦秸肥。

图 3 潮土脲酶活性的变化

Fig. 3 Changes of urease activities in fluvo-aquic soil



1. 2500 公斤/亩麦秸肥 2. 1500 公斤/亩麦秸肥  
3. 500 公斤/亩麦秸肥

图 4 潮土水解氮的变化

Fig. 4 Changes of Hydrolyzable-N in fluvo-aquic soil

从图 3、4 可见, 4 月中旬至 7 月下旬, 由于气候因子及土壤性质的影响, 土壤脲酶活性变化的大致趋势是逐渐增强, 从而有利于酰胺态氮的转化。但是在此时期内, 作物群体生物量迅速增大, 吸收氮素较多, 所以土壤有效氮的动态变化总趋势是逐渐降低的。只是在 6 月份, 土壤有效氮略有回升, 可能因为正值冬小麦成熟, 夏玉米幼苗阶段, 作物吸氮量较少的缘故。

### 三、小 结

1. 有机肥料具有较强的酶活性, 且因肥料种类不同, 酶活性存在明显的差异。秸秆肥的蔗糖酶和淀粉酶活性较高。除个别例外, 畜禽粪脲酶活性较高。16 种有机肥料 (塘泥除外) 的磷酸酶活性均较高。豆秸肥是供试材料中酶活性状况最好的有机肥料。泥土肥酶活性较低。草木灰无酶活性存在。

2. 施加秸秆粉和牲畜粪, 能不同程度地增强潮土蔗糖酶、脲酶和磷酸酶活性。

3. 施用有机肥料数量不同, 土壤酶活性变化有异。在连年施肥处理的第 3 年, 在 4 月 15 日—7 月 23 日的 100 天中 5 次测定土壤酶活性, 施高量麦秸肥 (2500 公斤/亩) 的土壤脲酶和磷酸酶活性始终处于较高的水平, 施低量 (500 公斤/亩) 的处于较低的水平, 施中量 (1500 公斤/亩) 的居中。作物生育状况和土壤酶活性是影响土壤有效氮、磷变化的因子。

### 参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所, 1978: 土壤理化分析。上海科技出版社。
- [2] 关松荫等, 1984: 我国主要土壤剖面酶活性状况。土壤学报, 第 21 卷 4 期, 368—381 页。
- [3] 周礼凯等, 1984: 不同来源的植物物质在棕壤中的分解特征与土壤酶活性。土壤通报。第 15 卷 4 期, 180—181 页。
- [4] 鲁如坤等编, 1982: 农业化学手册。科学出版社。
- [5] A. Douglas McLaren, George H. Peterson, 1967: Soil Biochemistry, Marcel Dekker, INC., New York.
- [6] Satchell J. E. and Kyla Martin, 1984: Phosphatase Activity in Earthworm Faeces. Soil Biology

Biochemistry, 16(2): 191—194.

[7] Хазнев, Ф. Х. 1976: Ферментативная Активность Почв. «Наука», Москва.

[8] Хазнев, Ф. Х. 1982: Системно-Экологический анализ Ферментативной Активности Почв. «Наука», Москва.

## STUDIES ON THE FACTORS INFLUENCING SOIL ENZYME ACTIVITIES

### I. EFFECTS OF ORGANIC MANURES ON SOIL ENZYME ACTIVITIES AND N, P TRANSFORMATIONS

Guan Songyin

*(Institute of Soil Fertilizer, Chinese Academy of Agricultural Sciences)*

#### Summary

The enzyme activities of straws, animal manures, composts and other organic materials widely used in Huang-Huai-Hai region were studied. Among all tested materials, straws showed stronger activities of invertase and amylase than other organic manures. Except some cases, urease and protease activities in animal manures were stronger than those in other organic manures. Soybean straw was proved to be the best one with enzyme activities, but sludge was worse than other organic manures.

Under laboratory conditions, straws and animal manures could strengthen the activities of invertase, phosphatase and urease in fluvo-aquic soil to varying degree.

Field test showed that urease and phosphatase activities in soil applied with more wheat straws were stronger and those in soil applied with less ones were weaker.

Organic manures not only strengthened enzyme activities, but also had great effects on soil N and P transformations.