

# 长期施用不同肥料对土壤磷素 形态转化的影响\*

周广业 阎龙翔

(甘肃平凉地区农科所, 744000)

## EFFECTS OF LONG-TERM APPLICATION OF FERTILIZERS ON SOIL PHOSPHORUS MORPHOLOGY AND TRANSFORMATION

Zhou Guangye and Yan Longxiang

(Pingliang Institute of Agricultural Sciences Gan Su, 744000)

土壤中磷素形态及其转化的研究, 一直受到国内外学者的高度重视, 张守敬和 Jackson<sup>[7]</sup> 建议的无机磷分级体系尽管应用在酸性土壤上说明了许多理论和生产上的问题, 但未能将石灰性土壤的钙磷从易溶的二钙盐到难溶的磷灰石加以区分, 从而难于对其进行有效性评价, 使石灰性土壤无机磷的形态形态分级研究受到限制。最近, 蒋柏藩<sup>[1,2]</sup>、顾益初<sup>[3]</sup>等建议的石灰性土壤无机磷新的分级体系, 将磷酸钙盐分为  $Ca_2$ -P 型、 $Ca_3$ -P 型和  $Ca_{10}$ -P 型三级, 并对 Fe-P 的浸提剂作了重要的改进。这对于深化石灰性土壤的供磷水平与作物磷素营养之间的相互关系和磷肥的经济合理施用等问题的研究, 提供了重要手段。我们应用这一新的分级体系和 Bowman-Cole<sup>[8]</sup> 建议的土壤有机磷分级体系对长期定位试验中有机、无机磷的形态组成进行了分级测定, 现将初步结果简报如下。

### 一、试验方法

试验在陇东旱塬黑垆土上进行, 土壤理化性质见表 1。设置(1)无肥; (2)N 90kg/ha; (3)N 90kg/ha +  $P_2O_5$  75kg/ha; (4)N 90kg/ha + 麦秸 3750kg/ha; (5)土粪 75000kg/ha; (6)土粪 75000kg/ha + N 90kg/ha +  $P_2O_5$  75kg/ha。每个处理面积为 1/15ha, 供施氮肥为尿素, 磷肥为过磷酸钙, 土粪为牛马粪(土与其比为 4:1)。试验从 1978 年开始, 13 年后(1990)取各处理 0—20cm 和 20—50cm 土样分析了土壤磷素形态组成。

土壤有机质用丘林法, 全氮用开氏法, 全磷用酸溶钼锑抗比色法, 碱解氮用碱解扩散法, 速效钾用醋酸铵浸提火焰光度法, pH 用酸度计法。

\* 参加工作的尚有丁宁平、王宏凯、俞锦晖等同志, 谨此致谢。

表 1 定位试验各处理基本性质 (1990)

处理	深度 (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
原土	0—20	8.2	10.5	0.95	0.57	60	162
	20—50	8.2	8.2	0.84	0.55	47	153
对照	0—20	8.2	10.7	0.91	0.56	52	147
	20—50	8.2	9.4	0.78	0.55	38	140
N	0—20	8.2	12.1	0.93	0.60	76	149
	20—50	8.2	10.1	0.88	0.58	61	143
N P	0—20	8.0	12.4	0.99	0.70	72	138
	20—50	8.1	9.9	0.89	0.67	58	132
麦秸+N	0—20	8.0	13.8	1.21	0.80	95	186
	20—50	8.0	11.6	0.96	0.72	74	158
土粪	0—20	8.1	12.2	1.13	0.69	80	174
	20—50	8.2	11.0	0.90	0.65	68	150
土粪+N P	0—20	8.0	13.5	1.21	0.79	104	170
	20—50	8.2	11.9	1.10	0.74	82	161

## 二、结果与讨论

### (一) 长期施肥对无机磷形态及转化的影响

不论是有机肥或无机肥,连续施用 13 年后,Olsen 有效磷在 0—20cm 和 20—50cm 土层都有明显的差异。长期施用磷肥和有机肥都能明显增加耕层土壤有效磷的积累,当有机磷和磷肥配施时,这种作用更明显(表 2)。在 20—50cm,施磷或有机肥处理虽然较单施氮肥处理有效磷有积累,但增加的幅度比较小,只有当磷肥和有机肥配施时,有效磷的增幅才较大。

各种形态无机磷的不同处理也有显著的差异。对照区和长期施用氮肥区,由于作物的吸收利用和磷在土壤中的转化,Ca<sub>2</sub>-P、Ca<sub>8</sub>-P 和 Ca<sub>10</sub>-P 下降,O-P 变化不明显,Al-P

表 2 长期施肥试验积累的无机磷形态(mg/kg)

处 理	深度 (cm)	有效 P	Ca <sub>2</sub> -P	Ca <sub>8</sub> -P	Al-P	Fe-P	O-P	Ca <sub>10</sub> -P
原 土	0—20	7.2	8.7	40.4	20.5	21.4	86.3	301.5
	20—50	3.5	4.0	31.3	16.0	14.5	76.9	269.6
对 照	0—20	3.9	5.3	32.8	18.8	20.1	88.1	291.1
	20—50	2.9	3.4	27.2	14.7	16.1	73.5	234.1
N	0—20	5.7	5.9	35.4	22.7	23.9	89.4	287.2
	20—50	2.4	3.2	27.1	17.9	20.9	69.4	259.3
N P	0—20	10.6	9.6	63.0	39.3	29.3	90.1	328.7
	20—50	4.2	4.6	39.6	22.7	26.2	70.3	283.9
麦秸+N	0—20	10.9	10.2	64.7	36.1	27.1	88.8	304.3
	20—50	4.4	4.4	33.2	21.4	22.1	73.2	271.7
土 粪	0—20	9.7	8.6	45.3	30.3	28.5	93.2	319.6
	20—50	4.9	4.9	38.8	22.9	22.2	69.9	285.6
土粪+N P	0—20	17.4	16.9	73.4	42.7	30.8	89.2	331.1
	20—50	8.9	9.2	45.0	26.0	24.6	76.7	288.4

和 Fe-P 在无肥区有下降趋势,而在氮肥区似有增加。施磷肥和有机肥或有机肥配磷肥,都显著提高了  $Ca_2$ -P、 $Ca_8$ -P、Al-P 及 Fe-P 在耕层 (0—20cm) 和 (20—50cm) 土层的积累,尤以  $Ca_8$ -P 增加幅度最大。说明化肥和有机肥中易溶性磷在施入土壤后,不但形成易溶和较易溶的 Ca-P,也形成相当数量的 Al、Fe-P,即进行着 Ca-P 体系和 Al、Fe-P 体系两方面的转化,在这两方面的转化体系中, $Ca_8$ -P 起着主导作用。

施肥 13 年后,O-P 的变化仍然很小, $Ca_{10}$ -P 在各处理差异较大。麦秸+氮肥处理的其他各形态无机磷都和氮磷处理相当,而  $Ca_{10}$ -P 明显低于氮磷肥处理,同试验前相近。该处理每年因施肥带入土壤的磷又明显低于化肥磷处理,显然这是有机肥活化土壤磷和减缓磷吸附、固定的结果。赵晓齐、鲁如坤<sup>[6]</sup>研究指出,有机肥活化土壤磷的作用大小主要受有机肥本身所含有机酸量影响,而有机肥减缓磷吸附和固定的作用主要是腐解产物的碳水化合物掩蔽了吸附位造成的。本试验所用土壤土的比例较大,本身含有一定量  $Ca_{10}$ -P,加之土壤有机酸和碳水化合物数量都较麦秸肥低,所以土壤处理  $Ca_{10}$ -P 较麦秸处理高,即麦秸肥活化土壤磷和减缓磷吸附和固定的作用较土壤明显。

## (二) 长期施肥对土壤有机磷形态的影响

土壤中的有机磷在全量磷中占有一定的比例,且对作物生产起着积极的作用。有机磷的研究,由于方法限制,国内报道不多。1978年,Bowman 和 Cole 关于土壤有机磷形态分级的方法提出后,国内有人<sup>[4]</sup>对该法重视性作过校验研究<sup>[4]</sup>,并进行过复合体有机磷的分级测定<sup>[5]</sup>。我们用这一方法对长期施肥试验土壤的有机磷形态进行了测定,结果如表 3 所示。

从表 3 可见,各处理四组有机磷总量变动在 99.6—267.1 mg/kg 之间,占全磷的 17.57—33.46%,其中,除对照外,各处理又均以中度活性有机磷为主,且变幅较大,含量在 34.6—159.1mg/kg 之间,占有有机磷总量的 33.24—59.57%。活性有机磷在不同处理中变幅也较大,在 9—64.4mg/kg 之间,占有有机磷总量的 9.04—31.06%。长期不施肥的对照区中,活性有机磷最低,只占有有机磷总量的 9%,该处理四组有机磷的次序为中度稳定性有机磷>高度稳定性有机磷>中度活性有机磷>活性有机磷。

表 3 长期施肥对土壤有机磷形态的影响

处 理	活性有机磷		中度活性有机磷		中稳性有机磷		高稳性有机磷		四组有机磷总量	
	mg/kg	占总量%	mg/kg	占总量%	mg/kg	占总量%	mg/kg	占总量%	mg/kg	占全磷%
对照	9.0	9.04	25.2	25.30	37.6	37.95	27.6	27.71	99.6	17.92
N	22.1	21.23	34.6	33.24	28.0	26.90	19.4	18.64	104.1	17.57
N P	26.8	21.05	54.4	42.73	25.3	19.87	20.8	16.34	127.3	18.52
麦秸+N	46.6	17.45	159.1	59.57	22.6	8.46	38.8	14.53	267.1	33.46
土壤	34.8	21.40	84.5	51.97	16.2	9.96	27.1	16.67	162.6	23.63
土壤+N P	64.4	31.16	93.8	45.38	21.4	10.35	27.1	13.11	206.7	26.14

长期施用有机肥明显提高了耕层土壤中有机磷总量,三个施用有机肥处理的有机磷总量都较对照区、氮肥区和氮磷区有较大幅度的增加(表 4),有机磷占全磷的百分率也显著提高。在增加的有机磷中,主要是活性和中度活性有机磷含量显著提高(表 4)。不仅有机肥处理较不施肥的对照和化肥处理的活性和中度活性有机磷明显增加,而且有机无

表 4 各处理活性、中度活性有机磷增产(mg/kg)

处 理	活性有机磷			中度活性有机磷			有机磷总量		
	较对照	较氮肥	较氮磷肥	较对照	较氮肥	较氮磷肥	较对照	较氮肥	较氮磷肥
对照	—	-13.1	-17.8	—	-9.4	-29.2	—	-4.5	-27.7
N	13.1	—	-4.7	9.4	—	-19.8	4.5	—	-23.2
N P	17.8	4.7	—	29.2	19.8	—	27.7	23.2	—
麦秸+N	37.6	24.5	19.8	133.9	124.5	104.7	167.5	163.0	139.8
土粪	25.8	12.7	8.0	59.3	49.9	30.1	63.0	58.6	35.3
土粪+N P	55.4	42.3	37.6	68.6	59.2	39.4	107.1	102.6	79.4

机配施处理较单施有机肥处理也有比较明显的增加。这说明,有机肥不但本身可提高活性和中度活性有机磷含量,而且由于有机肥中含有大量的微生物,吸收固定了化肥磷,从而促进了化肥磷向有机磷的转化。这种转化被称为“微生物固定”现象<sup>1)</sup>。

中稳性有机磷在施有机肥处理的都明显较无肥处理和化肥处理的低,高稳性有机磷在各处理变幅最小,与不施肥的对照区相比,除麦秸肥较高外,施土粪处理与对照相当。可见,长期施用有机肥,培肥了地力,改善了土壤生物化学性状,使中稳性和高稳性有机磷发生了降解,或者转化成了活性更大的有机磷组分。

施化肥也能增加耕层土壤有机磷总量。施氮肥和氮磷肥时,活性有机磷较对照区分别增加 13.1 和 17.8mg/kg,中度活性有机磷增加 9.4 和 29.2mg/kg,中稳性、高稳性有机磷则都较对照有下降。显而易见,这是化肥促进了对植物难于利用的中稳性、高稳性有机磷的矿化,使其向活性、中度活性有机磷转化。

## 参 考 文 献

1. 蒋柏藩、顾益初,1989: 石灰性土壤无机磷分级体系的研究。中国农业科学,第 22 卷 3 期,58—66 页。
2. 蒋柏藩、沈仁芳,1990: 土壤无机磷分级的研究,土壤学进展,第 18 卷 1 期,1—8 页。
3. 顾益初、蒋柏藩,1990: 石灰性土壤无机磷分级的测定方法。土壤,第 22 卷 2 期,101—102 页。
4. 贺铁、李世俊,1987: Bowman-Cole 土壤有机磷分组法的探讨。土壤学报,第 24 卷 2 期,152—158 页。
5. 侯惠珍、袁可能,1990: 土壤有机矿质复合体研究,IV. 有机矿质复合体中有机磷的分布。土壤学报,第 27 卷 3 期,286—291 页。
6. 赵晓齐、鲁如坤,1990: 有机肥对土壤磷素吸附的影响。土壤学报,第 28 卷 1 期,7—13 页。
7. Chang, S.C. and Jackson, M.L., 1957: Fractionation of soil phosphorus. Soil Sci., 84: 133—144.
8. Bowman, R.A. and Cole, C. V., 1978: An exploratory method for fractionation of organic phosphorus from glassland. Soil Sci., 125:96—100.

1) 史瑞和,曹翠玉,1990: 全国土壤磷素与磷肥合理施用学术会议论文。