

红壤长期施肥养分的下移特征^①

鲁如坤 时正元

赖庆旺

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008) (江西省红壤研究所)

摘 要 本文研究了长期施肥(7年和17年)在红壤和红壤性水稻土上养分在土壤剖面中的下移。结果表明施入氮肥使水解氮在整个剖面中比对照处理均有增加,氮素下移可达100cm,而磷只在耕层有显著增加(20cm以内),交换性钾的下移虽较磷素为深,但主要集中在40cm土层中。有机肥中磷的活动性较化肥为大,下移深度可达40cm以上。

关键词 红壤; 养分下移; 长期试验

长期施肥不仅影响土壤中养分数量的变化,而且由于养分的向下移动也影响土壤中养分的垂直分布。这种垂直分布在生产上有两个方面的意义:一是养分下移超过根系所能吸收的范围,将造成养分的淋失,进而影响水体质量;二是养分适度下移,可以丰富底土养分数量,这对于培育土壤肥力异常有利。为此,我们研究了红壤旱地连续施肥7年、红壤性水稻土连续施肥17年时,养分的下移特点。

1. 试验方法

试验分别在江西鹰潭(两个旱地试验)和进贤红壤所(一个红壤性水稻土试验)进行。土壤都是第四纪红色粘土发育的。旱地试验重复4次,水田重复3次,旱地轮作为花生—油菜,水田为双季稻,施肥量花生、油菜均为: N (4.5kg/亩,肥料为尿素), P₂O₅ (5.6 kg/亩,肥料为钙镁磷肥), K₂O (6 kg/亩,肥料为KCl), 水稻每季 N 6kg/亩, P₂O 5 3kg/亩, K₂O 5 kg/亩,肥料品种同旱地。

试验前旱地土壤: pH 4.7, 全氮 0.034%, 水解氮微量, Olsen—P 3.9 mg/kg(P), 交换性钾(K) 49.8mg/kg; 水稻土 pH 5.5, 全氮 0.195%, 水解氮 95 mg/kg, Olsen—P 5.9mg/kg(P), 交换性钾(K) 55mg/kg。本研究采用了其中4个处理,即 NPK, NP, NK, PK 和有机肥试验的两个处理(厩肥, 化肥)。

2 试验结果

2.1 氮素的下移

本文所指的氮素是以水解氮为指标的氮素下移。因为土壤全氮含量的变化很小,易于造成巨大误差,同理,磷、钾也分别采用 Olsen—P 和交换性钾为指标。

表1结果可以看出,在整个土壤剖面中(0~100cm),施氮7年后施氮处理的水解氮量在不同层次均有不同程度的增加,但表层是个例外。这种情况可能表明在红壤地区,在雨量

① 本文得到国家自然科学基金重点基金(编号 49631010)和中科院红壤生态站基金资助。

达到 1700mm (鹰潭红壤站) 以上的情况下, 表层土壤氮素积累缓慢, 也正是由于这种情况, 下层土壤水解氮素增加明显, 甚至一直到 100cm 处仍有增加迹象。由于一些作物可以利用 100cm 范围内的氮素, 因此, 这一全剖面的水解氮的增加意味着土壤供氮能力的提高, 但也预示着氮素淋失的巨大可能。

表 1 红壤长期(7 年)施用化学氮肥对土壤水解氮(N)垂直分布的影响(鹰潭)

深度(cm)	水解氮素(mg/kg)		水解氮增量(mg/kg)
	NPK	PK	
			(NPK-PK)
0~20	81.4	82.5	-1.1
20~30	67.8	47.5	20.3
30~40	63.8	40.7	23.1
40~50	67.8	40.7	27.1
90~100	40.7	20.4	20.3

表 2 红壤性水稻土长期(17 年)施用化学氮肥水解氮的剖面分布(进贤)

深度(cm)	水解氮分布(mg/kg)		水解氮增量(mg/kg)
	NPK	PK	
0~15	183	95	88
15~20	74.6	61.1	14
20~25	40.7	40.7	-
25~30	40.7	27.1	14
30~40	33.9	23	11
40~50	27.1	20.3	7
90~100	27.1	13.6	13

表 2 是红壤性水稻土连续施氮 17 年的结果。

过去我们不少结果显示, 长期施用无机氮肥, 土壤全氮增加不多, 这符合氮素在土壤中有多种可能的损失途径的特点, 但是, 从水解氮的全剖面增加来看, 长期施用化学氮肥对提高土壤氮素供应能力仍然是有重要作用的。

和红壤旱地相比, 红壤性水稻土中氮的下移情况有所不同, 水解氮的增加量主要集中在耕层(0~15cm), 而以下土层只是稍有增加。这可能是因为水田渗漏速度一般很小, 加上施氮时间较长, 这都造成表层土壤水解氮增加显著而底层土壤增加较慢。这可能是水田的一个特点。

2.2 钾的下移

表 3 长期施化学钾肥钾(K)在红壤中的下移

深度(cm)	交换态钾量(mg/kg)		交换态钾增量(mg/kg)
	NPK	NP	
0~20	238	66	172
20~30	63	64	-
30~40	78	44	34
90~100	92	68	24

表 4 红壤性水稻土长期施化学钾肥后钾(K)的剖面分布

深度(cm)	交换态钾量(mg/kg)		增量(mg/kg)
	NPK	NP	
0~15	64	56	8
15~20	53	39	14
20~25	52	42	10
25~30	44	39	5
30~40	54	46	8
40~50	60	53	7
90~100	60	54	6

表 3 结果表明, 虽然钾的下移可以深达 100cm, 但施入的钾肥主要集中在耕层, 这说明钾在土壤中的向下运动远小于氮素。红壤性水田 17 年的结果(表 4)也说明在水稻土上, 由于水田下渗水流很弱, 钾的下移不明显, 甚至在表层也未出现钾的积累现象。这可能是由于这一试验中施钾量事实上并未达到足以补充钾素输出的程度。这种情况在我国南方水稻土上是常见的。在本试验中, 试验前土壤交换钾为 81.5mg/kg (K), 经过 17 年, 施钾处理(NPK)的土壤交换钾反而降至 64mg/kg(K)。可能证明在 NPK 处理中, 钾仍处于轻微的亏缺状态。因此, 土壤中既未出现表层积累, 也未出现钾的明显下移, 就可以理解了。

表 3、表 4 中还有一点值得注意, 在红壤及红壤性水稻土中(第四纪红色粘土母质), 剖面中的下层, 交换性钾常常有略微上升的趋向, 这是由于在红壤形成中, 特别是在网纹层形成中有钾素的富集现象, 这就导致红壤剖面中某一层段钾素出现升高迹象。

2.3 磷的下移

一般说,在NPK三大养分元素中,P的运动性最弱,因此可以想见,它在剖面中的下移也应该是最弱的。表5中的结果证明了这一点。比如在红壤旱地上7年大量施磷的情况下,确实使耕层磷的水平提高了十几倍,但耕层以下却未见到有磷的下移迹象,而且即使在耕层,由于耕作对耕层的混合作用,也不一定就意味着磷下移了20cm。从红壤性水稻土的数据也可看到,积累的磷主要集中在耕层(0~15cm)。但在水稻土的情况下,25cm以内似乎也有有效磷的微弱增加,这可能意味着水田中磷的运动稍稍高于旱地。

2.3 长期施用猪厩肥养分在红壤中的下移

在红壤旱地的长期试验中,我们也研究了施用有机肥(猪厩肥)时养分的下移情况,表6中列出了7年施用厩肥时养分的增加和垂直分布情况。

从表6我们可以清楚地看到:

1、化肥、厩肥都能显著提高全剖面的水解氮水平。说明不论化肥或有机肥,氮素都有明显下移,至少达到40cm。

2、猪厩肥可以显著提高土壤Olsen-P水平。在试验条件下,比化肥高5倍。这说明,猪厩肥在通常用量条件下可以快速显著重建红壤磷库。

3、厩肥中磷的活动性远大于化肥。表6结果表明,化肥磷最多下移到30cm,而厩肥中磷至少可以下移到40cm以上。

4、在试验肥料用量情况下,化肥和厩肥对土壤交换性钾的影响非常相近。两种肥料都显著提高表层土壤交换性钾水平,而且对亚表层,甚至底土交换性钾水平也有良好影响,这再一次说明利用农田钾素再循环来增加钾肥供给实在是一条经济实用的途径。

3 几点结论

1、在三大养分元素中,按在土壤剖面中的下移情况看,其运动性大小有如下顺序: $N > K > P$

2、养分在土壤剖面中的下移受一系列因素的影响,本文所涉及的就有:养分种类、肥料种类、肥料用量、土壤性质以及施用肥料的年限等。

3、在红壤旱地条件下,氮素可以下移至少50~100cm,钾素虽然可以下移到100cm,但主要集中在耕层,下移比重较小,特别在水稻土情况下下移较浅。

4、厩肥中磷在剖面中的运动性大大高于化学肥料,后者下移很小,往往集中在耕层,而前者可以下移到40cm以上。

5、长期施肥(化肥和有机肥)有利于提高底土养分水平,而在某些情况下,底土养分水平对作物生产有重要作用。但也应该注意氮素的下移可能造成损失。

表5 长期施化学磷肥磷的下移

土壤	深度(cm)	Olsen-P(mg/kg)		Olsen-P 增量 P mg/kg
		NPK	NK	
红壤	0~20	20.6	1.3	19.3
	20~30	2.1	1.4	—
	30~40	2.8	1.0	—
	40~50	5.4	1.3	—
红壤性 水稻土	0~15	17.4	4.8	12.4
	15~20	6.5	3.7	2.8
	20~25	6.5	3.7	2.8
	25~30	4.5	4.8	—
	30~40	3.0	2.7	—
	40~50	3.2	3.2	—
	90~100	3.0	3.0	—

表6 长期施用厩肥养分的下移*(mg/kg)

土层	处理(深度)	水解氮	Olsen-P	交换钾
表层	试验前(0~15cm)	微量	3.9	49.8
	施化肥(0~20cm)	102	22.6	245
	施厩肥(0~20cm)	115	124	206
亚表层	试验前(15~30cm)	微量	2.8	25
	施化肥(20~30cm)	69.2	7.8	125
	施厩肥(20~30cm)	74.6	31.6	130
底土	试验前(30~50cm)	微量	2.7	26.7
	施化肥(30~40cm)	57	4.4	88
	施厩肥(30~40cm)	61	19.1	85

*施化肥量前3年常用量(见前),后4年减半。厩肥用量为每亩2000公斤猪粪。