

土壤积累态磷研究

II. 磷肥的表观积累利用率

鲁如坤 时正元 顾益初

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

本文研究了江西省红壤和河南省潮土上磷肥的表观积累利用率,1季施磷连种3季的积累利用率,在不同用量时在两种土壤上达到27.8—48.9%。但红壤种植6季后,磷肥积累利用率可达到68.7%。

磷肥当季利用率和积累利用率受土壤性质、作物特性和土壤有效磷水平等多种因素的影响。红壤的积累利用率(3季)远低于潮土,这主要是土壤性质的影响所致,而6季后红壤积累利用率提高,主要归因于萝卜菜极强的利用积累态磷的能力。在土壤磷不断积累条件下,有效磷低的土壤随着土壤有效性磷水平的提高,磷肥利用率可不断提高。

磷肥的当季表观利用率,大多数在10—25%左右^[1],因此,当季施入的磷肥有75—90%的磷在土壤中积累起来。我国1954年开始少量施用磷肥,60年代初则开始大量施用磷肥,到1992年止的近40年间,我国已累计施用磷肥7880万吨(P_2O_5),如果按每季磷肥利用率大多在15%左右,一般一年只施一次磷肥的情况下,并根据我国平均复种指数为1.5计算,则大约有6100万吨 P_2O_5 积累在土壤中,这是一笔巨大的财富和资源,已日益受到人们的重视。本文阐述了积累态磷的表观积累利用率(以下按习惯,省略表观两字)。

试验设计和所用土壤已在前文说明^[2],大田试验分别在江西鹰潭和河南封丘进行。

一、两种土壤上的磷肥积累利用率

在红壤和潮土试验中的一个处理,只在第一季施用不同量的磷肥,连种三季,观察磷肥的积累利用率。试验结果列于表1。表1结果表明,在潮土上,第一季施5公斤/亩 P_2O_5 时,到第三季,磷肥的积累利用率为45.8%,而施7.5公斤/亩 P_2O_5 时,为48.9%。后者略高,这是土壤磷素水平很低的表现。国外某些报道表明^[3],在温带土壤上,在大田条件下,磷肥的积累利用率在28(5季)—54%(9季)范围,但也有高达100%(4季)的,这是一种质地很轻的砂壤土,土壤的固磷能力很弱。这种高达100%的积累利用率,而且还只有4季作物,是很少见的。国内报道^[4]过6季作物的积累利用率也达63.4%。这些结果主要是在温带土壤上进行的。表1中也列出了在红壤上的结果,在两种用量(5和7.5公斤/亩 P_2O_5)条件下,三季积累利用率分别达到32.7%和27.8%,这比潮土上的要低的多。这表明了土壤性质(主要是固磷能力)的重大影响。

为了进一步了解红壤上磷肥积累利用率是否还可以增加,所以在红壤上又设置了另一处理,即只在第一季施磷5.0公斤/亩 P_2O_5 ,连种6季作物以观察其积累利用率的变化,结果列于表2。表2结果说明,随着种植季数的增加,磷肥的积累利用率逐渐增加,第6季时,已达

表 1 红壤和潮土上的磷肥积累利用率

季 别 及作物	第 1 季施磷量(公斤 P ₂ O ₅ /亩)					
	5			7.5		
	吸 P ₂ O ₅ 量 (公斤/亩)	当季利 用率(%)	积累利 用率(%)	吸 P ₂ O ₅ 量 (公斤/亩)	当季利 用率(%)	积累利 用率(%)
潮土(河南封丘)						
1 小麦	1.22	24.4	—	2.2	29.3	—
2 玉米	0.55	11.0	35.4	0.88	11.7	41.0
3 小麦	0.52	10.4	45.8	0.59	7.9	48.9
红壤(江西鹰潭)						
1 花生	0.21	4.3	—	0.34	4.5	—
2 荞麦	0.22	4.4	8.7	0.22	2.9	7.4
3 萝卜菜	1.20	24.0	32.7	1.53	20.4	27.8

表 2 磷肥积累利用率随种植时间的变化

季别	作 物	吸 P ₂ O ₅ (公斤/亩)	当季利用率 (%)	积累利用率 (%)
1	花生	0.21	4.3	—
2	荞麦	0.22	4.4	8.7
3	萝卜菜	1.20	24.0	32.7
4	花生	0.15	3.0	35.7
5	萝卜菜	1.30	26.0	61.7
6	花生	0.35	7.0	68.7

68.7%，这在红壤上是一个相当高的数字。

如果说,磷肥积累利用率随作物种植季数增加而增加,那么,就可能得出积累态磷最终都可以被作物全部利用的结论,这一点国外某些著名学者^[5]正是这样说过。从理论上说,这是正确的,如果时间因素延长到无限长时,甚至,正如前面提到的例子,在不长的时间中也可能达到。但在实践上,这一点在多数

情况下是难以达到的。其原因有三:首先,磷肥积累利用率的增加速度一般是随季数增加而减小的,如表 1 中的潮土结果。其次,有作者认为,在石灰性土壤上,积累态磷如果在土壤中积累时间超过 3 年,就可能转化成类似于土壤中天然存在的磷灰石形态了^[5],在石灰性土壤中,磷灰石型磷是很难全部被作物利用的。第三,磷加入土壤后,总是向溶解度更小(也就是有效性更小)的形态转化。因此,也难以 100% 被重新利用。但是,正如表 2 所表明的,即使在固磷能力相当强的红壤上,它们的积累利用率也可能达到相当高的水平。这说明积累态磷具有相当高的潜在有效性。

二、影响磷肥积累利用率的某些因素

磷肥积累利用率是受到一系列因素影响的。了解这些因素就有可能找出提高利用率的途径。从本项工作看,影响磷肥积累利用率的因素有:

1. 土壤性质,特别是土壤的固定磷的特性。
2. 作物性质,主要是作物对难溶磷的利用能力。当然作物的种植季数也有影响。
3. 土壤本身的有效磷素水平。
4. 磷肥种类和用量等等。

这些因素的影响不是单纯的而是比较复杂的,有时是交互的。下面仅对其中 2,3 两个因素加以讨论。

(一)作物生理特性的影响 不同作物具有不同的利用难溶性磷的能力,这是已知的事实,

因此它们一定会对积累利用率产生影响。本试验的结果表明,在江西广泛种植的一种十字花科绿肥作物——萝卜菜,对积累利用率有巨大影响。

图1表示了红壤上不同作物磷肥的利用率和积累利用率。图中清楚的表明萝卜菜的当季磷肥利用率比其余两种作物要高得多。花生和荞麦的当季利用率在10%以下,而萝卜菜则高达25%左右。在红壤积累利用率68.7%中萝卜菜(两季)的贡献率高达73%。其他两种作物(四季)只占27%。可见作物特性在某些条件下的巨大作用。这类具有特殊生理功能的作物,非常值得我们重视。

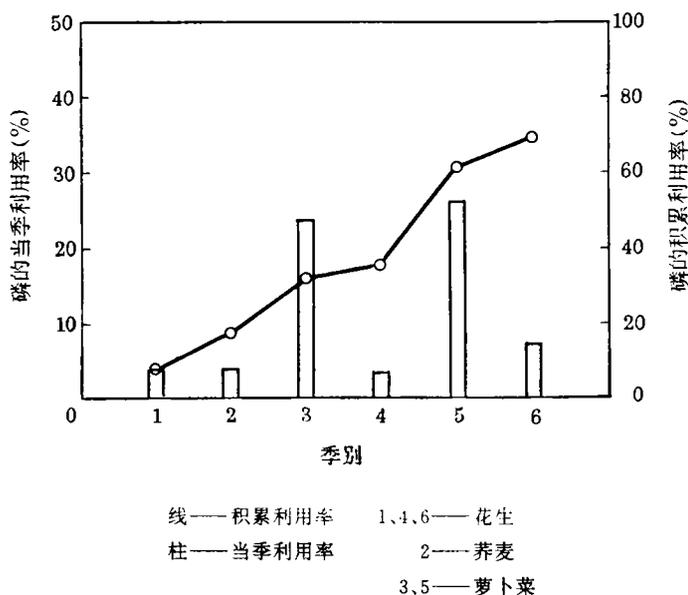


图1 几种作物对磷的当季和积累利用率

(二)土壤有效磷素水平的影响 在红壤上季季施磷的处理中,随着种植季数的增加,当季利用率有增加趋势。表3是在红壤上连种6季,季季施磷时花生在不同季中的当季利用率。可以看到,第1季为8%,而到第6季已增到18.6%了。潮土上在季季施磷的处理中,同种作物的当季利用率,也有增加的趋势(表4)。

从积累利用率看,在红壤上,每3季施1次的第1周期的积累利用率为28%,第2周期为54.7%,每1周期的磷肥用量都是相等的(同为7.5公斤/亩 P_2O_5)(表5),在季季施磷的处理中,第1周期为22.7%,第2周期为43.9%,也有显著增加。这是什么原因呢?可以认为,在季季施磷的情况下,下一季土壤的有效磷水平都比前一季高,这是因为每季施磷之后都有相当数量的磷积累在土壤中,从而提高了土壤有效磷水平。表6列出了在红壤上两种施磷周期中,土

表3 红壤季季施磷时磷的利用率变化(花生)

季别	吸 P_2O_5 量 (公斤/亩)	利用率 (%)	相对利用率 (%)
第1季	0.20	8.0	100
第4季	0.26	10.6	133
第6季	0.46	18.6	233

表4 潮土小麦的磷肥利用率*

	第一季	第三季
当季施磷量(P_2O_5 公斤/亩)	2.5	2.5
当季吸磷量(P_2O_5 公斤/亩)	0.29	0.90
前作磷积累量(P_2O_5 公斤/亩)	—	4.6
当季磷肥利用率(%)	11.6	36

* 季季施 P_2O_5 2.5公斤/亩

表 5 两个试验周期内的红壤积累利用率

处 理	连施 3 季	每 3 季施 1 次
第 1 周期(3 季)		
施 P ₂ O ₅ 量(公斤/亩)	7.5	7.5
吸 P ₂ O ₅ 量(公斤/亩)	1.70	2.09
积累利用率(%)	22.7	28.0
第 2 周期(3 季)		
施 P ₂ O ₅ 量(公斤/亩)	7.5	7.5
吸 P ₂ O ₅ 量(公斤/亩)	3.29	4.07
积累利用率(%)	43.9	54.7

表 6 红壤施磷后的磷素积累

处 理	季季施磷		每 3 季施 1 次	
	第 1 周期	第 2 周期	第 1 周期	第 2 周期
3 季积累 P ₂ O ₅ 量(公斤/亩)	5.8	4.2	5.4	3.4
6 季积累 P ₂ O ₅ 量(公斤/亩)	10.0		8.8	
土壤有效磷增加量(mgP/kg)	4.5		5.8	

根据以上结果,我们可以知道,磷肥当季利用率尽管远不如氮肥和钾肥,但积累利用率却可以达到相当高的水平。这说明土壤积累态磷仍具有相当高的潜在有效性。

参 考 文 献

- [1] 鲁如坤、蒋柏藩,见熊毅等主编中国土壤(二版),483—501,1990。
- [2] 时正元、鲁如坤、顾益初,土壤积累态磷研究 I. 土壤,第 27 卷,第 2 期,57—59 页,1995。
- [3] Fixen, P. E., in "Proc. Phosphate fertilizer and the Environment", 77—85, IFDC USA., 1992.
- [4] 蒋仁成,小麦氮磷肥用量的选定与配合比例,土壤肥料,第 1 期,8—10,1983。
- [5] Cook, G. W., Fertilizing for Maximum Yield, P289, 1982.
- [6] Halvorson, A. D. et al., SSSA], 49: 933—937, 1985.

壤磷素的积累和土壤有效磷的提高。

表 6 表明,季季施磷 6 季之后,土壤中已积累了 10.0 公斤/亩 P₂O₅,土壤有效磷提高了 4.5mgP/kg,每 3 季施 1 次磷的土壤中积累了 8.8 公斤 P₂O₅/亩和有效磷提高了 5.8mgP/kg。随着土壤积累态磷量的增加,意味着土壤磷素吸附位饱和度的增加,和土壤固磷能力的减少。根据磷素积累量和土壤磷素固定能力计算,在第一、第二施磷周期中,土壤磷素吸附位分别减少 18.3%和 16%。这就使得在施入同量磷的情况下,可以更大提高土壤磷素的强度因素,这就是在本试验条件下,随着积累态磷增加,作物磷肥利用率(包括积累利用率)增加的基本原因。

这里应该强调一点,当土壤积累态磷增加到一定数量,土壤有效磷增加到一定水平,作物对磷肥利用率将不再增加,甚至会下降。