

赤红壤在不同农作制中养分平衡的研究

黄健安 李金培 谢 申

(土化系)

提 要

在广州的赤红壤上进行六种农作制的五年试验表明,所有农作制的氮平衡均盈余,其中水稻连作的农作制氮盈余较少,而含豆科作物者尤其是牧草大绿豆混播及双季稻冬种绿肥盈余最多,后者年亩增加氮素约10kg;各农作制氮盈余的原因是具有较高的氮肥效率和土壤全氮量显著增加。磷平衡在所有农作制中皆为亏损;磷肥效率低,多数农作制投入的磷约有1/3移至耕层以下。钾平衡在含水稻的农作制中亏损很大,旱作者接近平衡或盈余;钾亏损的原因是含水稻的农作制钾的淋失量大,平均达投入的44%;土壤经种植五年后钾含量一般只能维持原有水平。养分平衡状况表明,供试六种农作制中,油一茨和牧草混豆科作物两个农作制最有利于养分平衡,亏损较少,其次是油一稻和稻一肥两个农作制亦较有利于养分平衡。试验还说明稻秆和豆科作物基秆回田是维持农作制中氮平衡、钾平衡的重要手段。

关键词 赤红壤;农作制;养分平衡;肥料效率

引 言

赤红壤是南亚热带主要的土壤,面积达40多万平方公里,是我国的重要后备土壤资源,是我国发展粮食及经济作物的重要土壤。前人对赤红壤的研究,多侧重于土壤理化性质和养分状况,以及光温等自然资源的利用^{[1][2]},而对农作制与赤红壤养分平衡关系的探讨则鲜见报道。本文是以广州石牌赤红壤为研究对象,以广东六种最有代表性的农作制度进行水泥池栽培试验,通过计算和分析不同农作制中土壤的氮、磷、钾养分平衡状况,探讨其对养分利用的盈亏、养分去向和肥料效率,以寻求较合理的即较高产、稳产、高效率以及培肥地力作用较大的农作制,为赤红壤的合理利用改良提供科学依据。

材 料 和 方 法

供试土壤为广州石牌花岗岩发育的赤红壤心土层,在网室水泥池进行试验。池的容积为0.73M³。土壤质地为粉砂壤土,有机质0.29%,全氮0.011%,全磷(P)0.012%,全钾(K)0.650%,pH(H₂O)6.1。土壤养分含量极低。

试验处理共设六种农作制:(1)水稻—水稻—晒冬(稻—晒)(2)水稻—水稻—

1988年11月5日收稿

绿肥(紫云英、油菜、萝卜青混播)(稻一肥)(3)水稻—水稻—浸冬(稻一浸)(4)花生—水稻(油—稻)(5)花生—番茨(油—茨)(6)牧草(岸杂一号狗牙根草与大绿豆混播)。以上六个处理均四次重复。处理1至6早造投入氮(硫酸铵)磷(过磷酸钙)钾(氯化钾)各10kg/mu,石灰50kg/mu,厩肥(牛粪干)500kg/mu;晚造减半。其中氮钾化肥一半作基肥,另一半分两次作追肥,磷肥和厩肥堆沤后作基肥。早造稻秆及花生藤切碎回田,冬绿肥于早造插秧前15天回田。厩肥养分含量:1980~1983年早造者N 2.02%, P 1.15%, K 1.64%;1983年晚造至1984年者分别为1.03%, 2.52%和0.59%。

作物栽培管理按常规进行。水稻品种珍珠矮。牧草年收获4次。试验从1980年春开始,1984年冬结束。

试验结果

(一) 氮素在六种农作制中的平衡状况及氮效率

氮素平衡状况是所有处理都为正值(表1),即种植五年后,氮回收总量超过氮投入总量而盈余。但盈余值在不同农作制中有较大差异。在水稻连作处理中,稻一肥盈余值最大,达73.2kg/mu,年平均14.6(以下均以年平均计,并略去单位);稻一晒和稻一浸的盈余少得多,分别为3.7和4.5,平均为4.1。稻一肥盈余值与稻一晒、稻一浸的盈余平均值之差为10.5,可以认为是冬种绿肥固氮而导致氮素盈余较多。其余处理以油—稻盈余最少,为4.3,与稻一浸接近;牧草盈余最多,达23.3;油—茨居中,为8.9。可见,凡有水稻的农作制,氮平衡值都较小,而含豆科作物者氮盈余显著增加。

氮平衡的上述情况与氮效率和土壤氮含量的变化有关。含豆科作物的农作制,氮效率都较高,且较一致,为62.1~67.0%(表1),平均64.2%,这与豆科作物含氮量高(表2)、作物携走量较大(表1)有关;连作水稻又未冬种绿肥的氮效率平均只有42.3%,较前者低1/3。这与一般研究者认为,在所有气候条件下,正常农业措施获得50%的氮肥效率^[9]基本相符。

另一方面,赤红壤利用五年后,各农作制的土壤全氮量均显著增加(图1a),由5.5至9.9倍。其中增加最多的是牧草处理,其原因除大绿豆的固氮作用外,还与其连续五年未经翻动,有机质矿化分解较少而致氮积累较多有关。稻一肥的含氮量增加亦达8.6倍,显示了冬种紫云英对土壤氮富集的作用,稻一浸较稻一晒的土壤氮增长略多,说明浸冬后有机质矿化较慢,利于土壤氮的积累,因此氮平衡值亦较稻一晒略高。

(二) 磷素在六种农作制中的平衡状况及磷效率

磷素平衡状况在所有农作制中均为负值(表3)。除牧草为年亏损0.42kg可视为平衡外,其余各农作制均极接近,年平均亏损6.2~7.7kg。

磷效率在各农作制中都很低,只有10~21%(表3)。其中,低限为油—茨,高限为稻一肥,牧草较高,为17.5%。投入的磷绝大部分不能通过产品回收。但这效率仍比新垦赤

表1 赤红壤在不同农作制中的氮素平衡*

处 理	农 作 制	投 入 N 量				回 收 N 量		N 素 平 衡	N ^{•••} 效 率 (%)	作 物 产 量 (风干)
		植前 土壤 全N	肥 料 投 入		总投 入量	收 获 作 物 ^{••} 土壤 N 携 走 收 量				
			化肥	厩肥 茎秆						
1	稻—稻—晒冬			11.2 152.0	163.9	123.0 64.6 187.6	18.7	42.5	稻秆2786.8, 谷3645.0	
2	稻—稻—绿肥			41.2 182.0	198.9	159.0 113.1 272.1	73.2	62.1	稻秆3382.4, 谷4408.0, 紫云英1769.3	
3	稻—稻—浸冬	16.9	75	65.8 11.6 152.4	169.3	127.7 64.2 191.9	22.6	42.1	稻秆3069.3, 谷3308.8	
4	花生—稻			26.8 167.6	184.5	100.8 105.2 206.0	21.5	62.8	稻秆1184.9, 谷1882.9, 花生苗1870.8, 荚果1151.4	
5	花生—番茨			28.7 169.5	186.4	121.4 109.7 231.1	44.7	64.7	花生苗1956.9, 荚果1082.6, 茨苗1301.2, 茨块1851.8	
6	牧草、大绿豆混播			0 140.8	157.7	180.0 94.3 274.3	116.6	67.0	牧草4729.6, 大绿豆662.7	

* 表中数据是4次重复的平均值。下同。单位为kg/mu, 数值为5年总和, 土壤深度0~20cm

.. 作物携走仅指地上部携走量, 地下部分未计在内(表3、4同)

... N效率(N肥效率) = 作物携走N量/N肥(含厩肥及回田的作物茎秆)投入量 × 100%
(P.K效率的计算同)

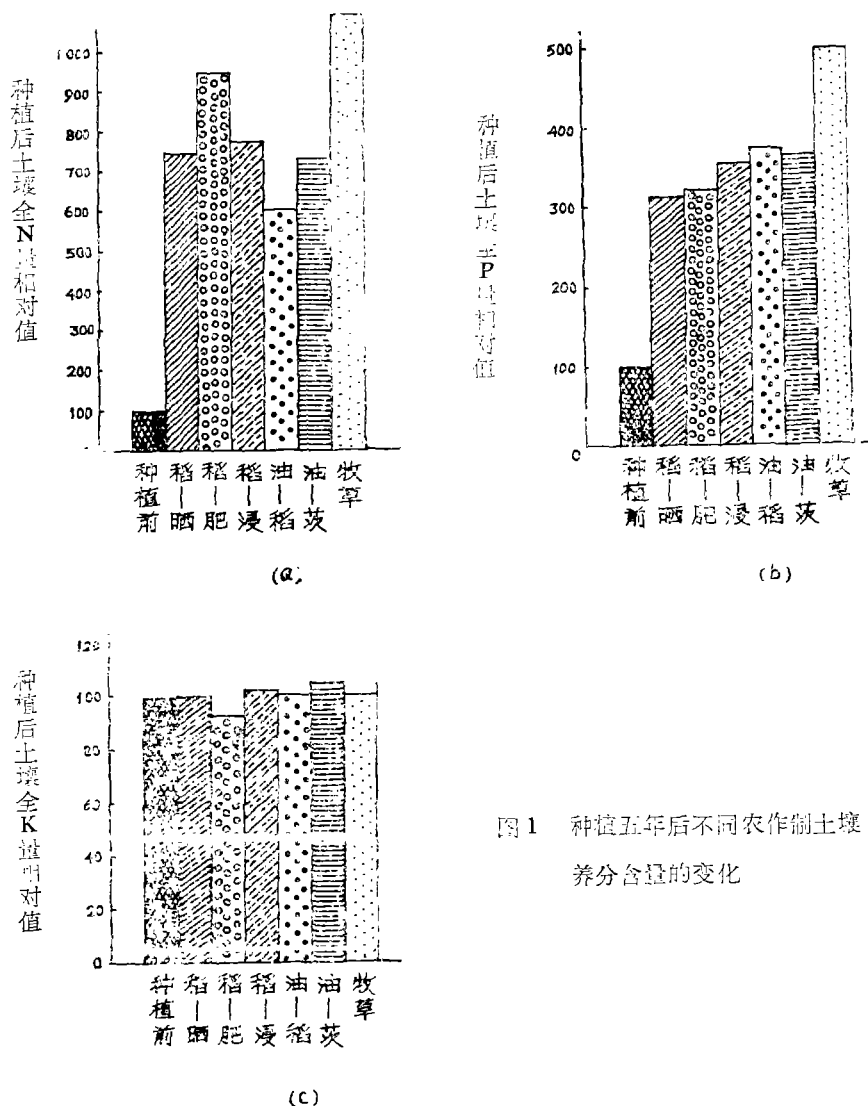


图1 种植五年后不同农作制土壤养分含量的变化

红壤用无机磷肥与土混施种稻时磷肥利用率仅为1.7%^[3]高得多。稻一肥磷效率较高 是因为其水稻和紫云英产量都高，对磷的吸收较多。牧草除因作物本身吸磷较多以外，还因此处理没有茎秆回田，肥料投入量较少，

种植五年后，各农作制的土壤磷均有增长，但不及氮素显著。多数处理比植前增两倍多（图1b），牧草处理增长四倍。证明投入的磷确有部分转化为耕层土壤磷，多数处理占投入磷量的42.8~54%，牧草处理则高达80.2%。即除牧草处理外，所投入的磷约有1/3 随水移动至耕层以下。可以认为磷肥在耕层土壤中有累积现象，故施用几年后磷肥用量可适当减少，特别是象牧草等深根作物。

（三）钾素在六种农作制中的平衡状况及钾效率

钾素平衡的特点是除牧草处理外所有农作制均为负值，且大部分亏损值较大（表4）。

表 3 赤红壤在不同农作制中的磷素平衡*

处 理	农 作 制	投 入 P 量						回 收 P 量			P 素 平 衡	P 效 率 (%)
		植前 土壤 全 P	肥 料 投 入				总投 入量	收获后 土 壤 全 P	作 物 携 走	总 回 收 量		
			化肥	厩肥	作物 茎秆	总量						
1	稻—稻—晒冬	18.1	32.8	56.9	1.2	90.9	109.0	57.0	13.4	70.4	-38.6	14.7
2	稻—稻—绿肥				4.7	94.4	112.5	58.5	19.8	78.3	-34.2	21.0
3	稻—稻—浸冬				1.4	91.1	109.2	64.5	13.5	78.0	-31.2	14.8
4	花生—水稻				1.8	91.5	109.6	67.5	11.0	78.5	-31.1	12.0
5	花生—番茨				1.7	91.4	109.5	66.0	9.1	75.1	-34.4	10.0
6	牧草大绿豆混播				0	89.7	107.8	90.9	15.7	105.7	-2.1	17.5

* 单位为kg/mu, 数值为5年总和, 土层深度为0~20cm.

表 4 赤红壤在不同农作制中的钾素平衡*

处 理	农 作 制							回 收 K 量			K 素 平 衡	K 效 率 (%)
		植前 土壤 全 K	肥 料 投 入				总投 入量	收获后 土 壤 全 K	作 物 携 走	总 回 收 量		
			化肥	厩肥	作物 茎秆	总量						
1	稻—稻—晒冬	97.5			46.6	159.7	1134.7	978.0	86.3	1064.3	-70.4	54.0
2	稻—稻—绿肥				78.4	191.5	1166.5	918.0	114.2	1032.2	-134.3	59.6
3	稻—稻—浸冬		62.2	50.9	51.5	164.6	1139.6	1003.5	92.8	1096.3	-43.3	56.4
4	花生—水稻				34.0	147.1	1122.1	985.5	84.1	1069.6	-52.5	57.2
5	花生—番茨				33.7	146.8	1121.8	1026.0	94.1	1120.1	-1.7	64.1
6	牧草大绿豆混播				0	113.1	1088.1	985.5	122.9	1108.4	20.3	108.7

* 单位为kg/mu, 数值为5年总和, 土层深度0~20cm.

其中稻—肥亏损最多, 年达26.9, 次为稻—晒, 14.1, 再次为油—稻、稻—浸, 分别为10.5和8.7, 油—茨亏损很少, 为基本平衡, 牧草的钾平衡为正值, 年盈余4.1。

各农作制的钾效率都较高, 且大都很接近, 在54~59.6%之间, 油茨为64.1%, 投入的钾大部分被产品回收; 牧草更高达108.7%, 这大概是因为其庞大而深的根系能把下层土壤的钾吸收利用的结果。

与植前比较, 耕层土壤钾含量并没有明显变化, 基本维持原有水平(图1c)。这说明投入的钾除被作物携走之外, 其余主要是从耕层向下淋失。含水耕的农作制钾流失较多, 占钾投入量的27.3%~70%, 平均44%, 旱作者钾淋失大大减少。

从土壤钾的消长变化, 可以认为不管是水耕或旱作, 钾肥的补充是非常需要的。

讨 论

1. 不同农作制中氮、磷、钾的平衡状况

五年水泥池栽培试验表明, 供试新垦瘦瘠赤红壤除适于种植花生、番茨等大田作物外, 只要水肥条件适合, 水稻也能正常生长, 并获得好产量; 岸杂一号狗牙根牧草更是生机盎然。六种农作制比较试验结果表明: 氮平衡均有盈余, 以含豆科作物者尤其是牧草大绿豆混播及稻—稻—绿肥为最; 磷平衡皆为亏损, 但牧草处理的亏损极微; 钾平衡在水耕处理中亏损很大, 尤其稻—肥处理者亏损最大, 旱耕者接近平衡, 甚至有盈余。据此认为, 旱作优于水耕。本试验中的油—茨和牧草二个农作制最有利于氮、磷、钾营养元素的平衡, 可减少亏损。其次是花生—水稻和稻—稻—绿肥二个农作制亦较有利于氮、磷、钾元素的平衡。在供试的三种冬种绿肥中, 紫云英的生长优于油菜和萝卜青, 较适于在赤红壤性稻田上种植。但连续五年翻埋紫云英的处理中钾平衡亏损严重, 其原因有待探讨, 因而冬种紫云英在轮作周期中所占的适宜比重还有待商榷。稻—稻—晒冬与稻—稻—浸冬比较, 在养分平衡、肥料效率、土壤养分变化各方面均极接近, 后者略占优胜。这些试验结果, 仍需进行大田验证。

2. 作物茎秆回田是维持农作制中钾、氮平衡的重要手段

在本试验条件下, 赤红壤淹水种双季稻每年每亩收获稻秆596kg(风干, 下同)、其中含N4.4kg, P0.54kg, K19.3kg, Ca4.3kg, Mg1.3kg。其所含K素特多, 相当于氯化钾38.6kg(以下养分含量及肥料量均为kg, 从略)。以早造回田计, 本试验处理1、3钾随稻秆回田的投入量占肥料投入总量30%左右。而且这些钾具高度可溶性, 利用率达75~94%, K的释放曲线与氯化钾十分接近, 因而稻秆被称为生物钾肥^[1], 其施用对减缓商品钾肥的紧缺、作物增收及土壤钾平衡都有很大意义。稻秆携走的N、Ca、Mg也不少, 相当于尿素9.6, 碳酸钙11.0, 硫酸镁13.4。赤红壤种植花生每年每造每亩可收获花生苗383kg, 紫云英可收354kg。这两种豆科作物的地上部都富于N和Ca, 分别携走N7.1和9.6, Ca5.3和7.6, 相当于尿素15.4和20.9, 碳酸钙13.5和19.3。此外, 它们所含的K、Mg也不少, K为8.8和9.2, Mg为0.9和0.7, 相当于氯化钾17.6和18.4, 硫酸镁9.3和7.2。由此可见, 充分利用稻秆、豆科作物茎秆回田, 是维持农作制中钾平衡、氮平衡的重要手段, 同时也不失为补充钙、镁营养的重要来源。

3. 未被产品回收的氮、磷素的去向问题

本试验中, 未能在产品回收的氮素的去向可能与施入的物料未及完全矿化, 或转化存于土壤中, 或因损失而不能回收。大部分未被产品回收的磷的去向, 一是转化为耕层土壤磷, 另一可能是在土壤水分和有机酸的影响下活化^[5], 变为易溶性磷移动至耕层以下。

引 用 文 献

- (1) 吴灼年等. 作物学报, 1987; 13(1):11—18
- (2) 沈中泉等. 土壤学报, 1988; 25(1):31—38

- [3] 黄健安等. 土壤肥料, 1983(1):26—30
- [4] 赵其国等. 土壤学报, 1987; 24(1): 1—6
- [5] 川口桂三郎主编(波惠吉等译). 水田土壤学. 北京: 农业出版社, 1985:253—257
- [6] M. J. 福里赛尔主编(夏荣基等译). 农业生态学系统中矿质养分的循环 北京: 农业出版社, 1981:390

A STUDY OF NUTRIENT BALANCE IN DIFFERENT CROPPING SYSTEMS ON A LATERITIC RED SOIL

Huang Jianan Li Jinpei Xie Shen

(Department of Soil and Agrochemistry)

ABSTRACT

The experiment in which six cropping systems was performed on a lateritic red soil were carried out from 1980 to 1984, on the campus of the South China Agricultural University. Results showed that the soil nitrogen accumulated in all cropping systems, the amount of nitrogen increase in the double rice cropping system was low, whereas those systems including legumes, such as herbage mixed with mung bean and double cropped rice rotated with legume were the highest, the latter could increase about 150 kg/ha of nitrogen annually. Nitrogen accumulation in these systems was due to higher efficiency of nitrogen fertilizer, and total soil nitrogen increased significantly.

Phosphorus balance of the soil showed deficit in all cropping systems, the efficiency of phosphorous fertilizer was low, about 1/3 of phosphorous fertilizer applied leaching to below the plow layer in most of the cropping systems.

Potassium balance exhibited great deficit in the rice cropping systems. It was due to the considerable amount of K that leached out under the submergence conditions of rice culture, the average amount reaching 44% of the potassium fertilizer applied. However, for dryland cropping system, the potassium remained nearly in balance or showed increase, the soil potassium maintaining its original level after five years cultivation.

It was demonstrated that the best way to maintain the N, K balance in the cropping systems was to incorporate rice straw and legume in the soil.

Key words: Lateritic red soil; Cropping system; Nutrient balance; Fertilizer efficiency