

农业系统中磷肥残效及磷循环研究Ⅲ. 投料中磷和氮在饲养-堆腐环中的循环率及有机肥料中养分的利用率*

殷秀岩 张璐 宇万太 沈善敏 (中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110015)

【摘要】 5年试验结果表明, 农产品中N经由饲养-堆腐环的损失率平均为36%, P为25%。在丰产条件下, 一农业系统80%收获产品经由饲养-堆腐环可循环回田的养分量约为80kgN/ha、14kgP/ha, 相当于这一系统中每年化肥N用量的一半和化肥P用量的全部。有机肥料中N和P的表观利用率随施肥年限延长而有增长趋势, 表明有残效迭加效应存在。5年平均, 有机肥料中N和P的当季表观利用率分别约为40%和43%。

关键词 农业系统 P循环 喂饲-堆腐系统 有机肥P利用率

**Residual effect of phosphorus fertilizer and phosphorus recycling in a farming system
Ⅲ. Recycling rate of P and N in feed stuffs and bedding materials through a feeding-composting cycle and recoveries of P and N in organic manure.** Yin Xiuyan, Zhang Lu, Yu Wantai and Shen Shanmin(Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang 110015). -Chin. J. Appl. Ecol., 1992, 3(3): 236—239.

A five years experimental results indicate that the average loss rate of N contained in harvested products through a feeding-composting cycle is about 36% and that of P is about 25%. Under high-yield conditions, the amounts of recycled N and P from 80% of harvested products and through a feeding-composting cycle in a farming system are about 80kg N/ha and 14kg P/ha respectively, equivalent to half of N and full of P from fertilizers applied every year to the system.

Key words Phosphorus cycle, Farming system, Feeding-composting system, Recovery of P in organic manure.

1 引言

农产品经由人畜消费、其排泄物堆制成农家肥并施于农田, 可使产品中的养分得以循环再利用。作为食物的农产品, 其所含营养元素经由人畜消化过程时可被部分地吸收, 排泄物中的养分在贮存和堆腐过程中也可因挥发、淋洗等途径损失, 因此, 作物产品中的养分经由人畜消费-堆腐过程而最终循环回田的, 只能

是产品中养分的一部分, 这便是养分在饲养-堆腐环中的循环率, 可惜迄今对此所知甚少。

根据 Foth^[3], 动物对饲料中 N、P 元素的吸收率分别约为 20%, 这当然是一个粗略的估计。动物在食物消化过程中对 N、P 等元素的吸收随动物种类、年龄、饲养条件、健康状况以及饲料成份等众多因素所影响, 例如 Agevedo 等(1974, 引自 Sommers, 1980)^[4] 的研究表明, 反刍动物比之非反刍动物具有较强的吸收饲料中有机 P 的能力, 因此前者排泄物中的含 P 量较后者为低。粪尿中养分的损

* 国家“七五”科技攻关项目《旱农》研究子课题。
本文于1992年1月27日收到。

失则随贮存和堆腐方法不同而有明显差异, 例如粪尿露天堆贮而又不掺混土壤, 可损失其中 58% 的 P^[4]。由此可以推测, 饲料中养分经由饲养-堆腐环的循环率是一项变化极大的参数。本项研究只能一般地估测北方地区通常条件下养分在饲养-堆腐过程中的循环率和作物对转入有机肥料养分的利用率。

2 研究方法

有关田间试验设计、实验室分析方法等已在前文详述^[1], 不另重复。

考虑到猪是我国农村中最普遍的家畜, 垫土垫圈是我国北方地区农村堆制农家肥的主要方法, 因此, 喂饲实验中的供试家畜用猪并选用半成年猪, 猪粪尿及作物秸秆则采用垫土堆腐的方法, 具体操作如下: 供喂饲-堆腐试验的农产品来自田间试验的处理Ⅳ, 取每年收获产品中 80% 的籽实和大豆、玉米秸秆的全部, 分别经粉碎后用于喂饲和垫圈, 合称为投料, 投料中所含养分则根据各作物籽实及秸秆中养分测定结果^[2]经计算而得。供试猪体重在 60—80kg 之间, 猪圈内壁和地面为混凝土, 以免喂饲期间砖土混入圈料。喂饲开始前于圈内铺放约为投料 3 倍重的垫圈土 750kg。垫圈土需准确计重并取样测干率(10 次重复)和分析全量养分含量(3 次重复)。喂饲作业于冬季进行, 一般可在 50—60 天内完成, 喂饲结束后粪土留存

圈内至翌春化冻, 起出圈内粪土, 反复捣碎捣匀, 堆于露地, 令其发酵腐熟。4 月下旬施肥前再捣动 2—3 次, 称重, 取样测干率和分析养分含量, 随即运送田间, 作基肥施入第Ⅴ处理。投料中养分经由喂饲-堆腐过程的损失率(反之则为循环率)则按下式计算并假设垫土中养分总量在试验中并无增减。

$$\text{养分损失率}(\%) = (1 - \frac{\text{猪圈粪中养分总量}}{\text{投料中养分总量}}) \times 100$$

由于垫圈土的含 K 量高达 1.3%, 且用量为投料量的 3 倍, 基数过大, 故难以准确估测 K 的循环率, 但 N、P 可获较满意结果。

3 结果与讨论

3.1 投料中养分经由喂饲-堆腐过程的循环率

表1 投料经由喂饲-堆腐后的残留率

Tab.1 Residual rate of organic matter in feed stuffs and bedding materials through a feeding-composting cycle

实验年度 Year of experiment	投料干重 Dry wt. of stuffs and materials (kg)	猪圈粪干重 Dry wt. of pig manure (kg)	有机物残留率 Residual rate	有机物腐解率 Decomposition rate
1984—1985	226.5	49.0	0.22	0.78
1985—1986	227.3	67.4	0.30	0.70
1986—1987	239.1	91.1	0.38	0.62
平均Average	—	—	0.30	0.70

表2 投料中养分经由喂饲-堆腐过程的损失率

Tab.2 Loss rate of nutrients contained in feed stuffs and bedding materials through a feeding-composting cycle

实验年度 Year of experiment	投料中养分 Nutrients in stuffs and materials (kg)		猪圈粪中养分 Nutrients in pig manure (kg)		养分损失率 Loss rate of nutrients (%)		养分循环率 Recycling rate of nutrients (%)	
	N	P	N	P	N	P	N	P
1983—1984	4.02	0.544	2.24	0.339	44.3	26.7	55.7	73.3
1984—1985	4.07	0.564	2.37	0.404	41.8	28.4	58.2	71.6
1985—1986	3.65	0.540	2.55	0.421	30.1	22.0	69.9	78.0
1986—1987	3.70	0.559	2.37	0.400	35.9	28.4	64.1	71.6
1987—1988	3.59	0.584	2.51	0.460	30.1	21.2	69.9	78.8
平均Average	—	—	—	—	36.4	25.3	63.6	74.7

投料(饲料和垫圈料)经由喂饲-堆腐后的残留率(表1)大致在 0.3 左右。这一残留率与通常认为的有机物料施入土壤 1 年后的残留率

大致相同^[5]。在某种程度上, 投料经由动物消化和尔后堆腐的过程, 大致相当于施入土壤后 1 年内腐解所完成的过程。

养分经由喂饲-堆腐过程的损失率(表 2) 在 5 年 5 次的实验中, N 变动在 30—45% 之间, 平均为 36%; P 变动在 21—28% 之间, 平均为 25%。由于 N 易于氨挥发, 故损失较大, P 的损失想必主要为猪的消化吸收。本试验未能将猪消化吸收引起的养分损失和堆腐过程中的养分损失加以区分, 但如按 Foth 给出的动物对饲料中 N、P 的吸收率为 20% 估算, 则可大致推断 P 在堆腐过程中的损失是微不足道的,

表3 有机肥料(猪圈肥)中N的利用率
Tab.3 Recoveries of N in pig manure

	试 验 年 份 Year of field experiment				
	1984	1985	1986	1987	1988
处理Ⅳ有机肥中N量 N in pig manure applied(kg N/ha)	77.6	82.4	88.7	82.3	87.1
处理Ⅳ收获N增加量 Increase of N harvested(kg N/ha)	15.1	29.9	44.8	35.2	43.5
有机肥N利用率 Recoveries of N in manure (%)	0.19	0.36	0.51	0.43	0.50

表4 有机肥料(猪圈肥)中P的利用率
Tab.4 Recoveries of P in pig manure

	试 验 年 份 Year of field experiment				
	1984	1985	1986	1987	1988
处理Ⅳ有机肥中P量 P in pig manure applied(kg P/ha)	13.85	14.03	14.62	13.89	15.97
处理Ⅳ收获P增加量 Increase of P harvested(kg P/ha)	4.27	6.43	7.16	6.18	7.08
有机肥P利用率 Recoveries of P in manure (%)	0.31	0.46	0.49	0.45	0.44

由表 3 可见, 通过施用猪圈肥而返回农田(处理Ⅳ)的 N 量平均每年约为 80kg/ha, 相当于试验中玉米、高粱每年所施化肥 N 量 (150kg N/ha) 的一半有余, 显然不可忽视。有机肥料中 N 的表观利用率 5 年中变动在 20—50%。通常认为, 有机肥料中 N 的残效极为有限, 但在本试验中, 可以明显看到猪圈肥中 N 的利用率随施肥年限延长而有增长的趋势, 表明有残效迭加的作用存在。通过持续地施用有机肥料提高土壤的供 N 能力, 对于北方易旱地区的贫瘠土壤来说无疑具有重要意义。易旱农田的作物 N 素供给如能在较大比重上来自土壤而在较小比重上依靠当季的化学 N 肥, 则对于控制农田的 N 肥用量、提高当季 N 肥的利用效率和适应易旱地区降水的无常变化等都将十分有用。

每年通过猪圈肥返回农田的 P 约 14kg/ha,

的, 但 N 的损失可能相当于投料中 N 的 16% 或排出粪尿中 N 的 20%。在生产实践中, 家畜粪尿管理要比本实验粗放得多, 可以估计, N 的损失率要高于实验所得结果。

3.2 有机肥料(猪圈肥)中养分的利用率

根据表 2, 处理Ⅳ每年通过施用猪圈肥而循环回田的养分量为已知。逐年比较处理Ⅳ与处理Ⅲ的作物养分收获量, 便可算出猪圈肥中 N 和 P 的作物利用率(表 3、4)。

这一数量与田间试验小剂量处理(处理Ⅱ)的化学 P 肥用量几乎相等, 而且猪圈肥中的 P 表观利用率也与试验中小剂量 P 肥的表观利用率十分近似, 并同样随施肥年限延长而略有增长的趋势^[1]。猪粪中的 P 大部分为易溶的无机 P, 其有效性应与普钙相似, 不过, 猪圈肥中有机质的存在有可能减弱土壤对 P 的固定。因此, 猪圈肥中 P 的利用率较肥料 P 的略高(5 年平均 0.43)似乎也不足为怪。

4 结 论

4.1 农业系统中养分的循环再利用是保持土壤肥力, 提高投入养分利用效率, 从而减少化肥消费的重要措施。在北方一季作物丰产条件下(年施 150kgN/ha、14kgP/ha), 将 80% 的农产品通过饲养-堆腐环返回农田可带回的养分

量约为80kg N/ha、14kg P/ha, 相当于每年施入化肥N量的一半和化肥P量的全部。

4.2 收获产品中的N经由饲养-堆腐过程有较大损失, 而P的损失相对较小。5年实验测定平均, 投料中N的损失为36%, P的损失为25%。P与N相比, 显然P尤其适宜于循环再利用。

4.3 有机肥料(猪圈肥)中N和P的当季表观利用率随施肥年限延长而有增长的趋势, 表明有机肥料中的N、P均有一定残效, 并存在着残效迭加现象。5年平均, 有机肥料中N的利用率为40%, P为43%, 后者超过了实验中相同剂量化肥P的利用率。这或许与有机物料一定程度上可减弱土壤P固定的作用有关。

参 考 文 献

- 1 沈善敏、殷秀岩、张 璐。1992。农业系统中磷肥残效及磷循环研究 I。作物吸磷量、磷肥残效及土壤有效磷变化。应用生态学报, 3(2):138—143。
- 2 张 璐、殷秀岩、廉鸿志、沈善敏。1992。农业系统中磷肥残效及磷循环研究 II。磷及其他养分在作物体内分配。应用生态学报, 3(3):231—235。
- 3 Foth, H. D. 1978. Fundamentals of Soil Science (sixth edition). John Wiley and Sons, New York, p. 141.
- 4 Sommers, L. E. and Sutton, A. L. 1980. Use of waste materials as sources of phosphorus. in The Role of Phosphorus in Agriculture (edited by Khasawneh et al.), 515—538.
- 5 Jenkinson, D. S. 1981. The fate of plant and animal residual in soil. in Chemistry of Soil Processes (edited by D. J. Greenland and M. H. B. Hayes). John Wiley and Sons.