

厩肥、秸秆和绿肥的含钾状况 及其对土壤和作物钾素的供应能力

周晓芬, 张彦才, 李巧云, 步丰骥

(河北省农林科学院土壤肥料研究所, 石家庄 050051)

摘要: 以常用有机肥料牛厩肥、猪厩肥、鸡粪及作物秸秆、油菜绿肥为材料, 研究了这些有机物的全钾、速效钾和缓效钾的含量状况, 以及它们对土壤钾及作物吸钾的供应能力。结果表明: (1) 三种有机粪肥及作物秸秆、绿肥中含钾量为 0.85% ~ 4.50%, 其中有 32.7% ~ 69.7% 为速效态钾, 1.7% ~ 25.0% 为缓效态钾; (2) 肥料与土壤共同培养 150 d 后, 约有 50% ~ 80% 的速效态钾和缓效态钾仍以两种形态存在于土壤之中, 但其中速效态钾比例明显下降, 缓效态钾比例显著提高。不同肥料种类和土壤类型对其有影响; (3) 各种有机肥均可显著提高玉米幼苗生物产量和吸钾量; (4) 有机肥供钾效果与土壤缓效钾关系较密切。

关键词: 厩肥; 秸秆; 绿肥; 含钾状况; 供钾能力

中图分类号: S143.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(1999)04-0088-05

在农业生产系统中, 钾素的缺乏日益严重, 仅靠化学钾肥远远不能满足其巨大的需求量, 充分利用有机物资源是补充钾素的有效途径。然而, 长期以来对有机肥料供钾的研究却比较少, 且只限于对土壤速效钾的影响的研究, 而对有机肥料中钾素的释放、转化及其对土壤和作物的供钾特征研究尚未见报道。为了进一步揭示有机肥料在供钾中的作用, 我们以厩肥、秸秆和绿肥为供钾源进行了研究, 以期对科学地施用钾肥提供一些依据。

1 材料和方法

试验材料: 牛厩肥、猪厩肥、鸡粪分别采自石家庄市及藁城、正定等市、县的牛奶厂、猪场、鸡场及农户, 玉米秸、麦秸和油菜绿肥均采自本所试验园。供试土壤的采集地点和理化性状见表 1。

试验方案设计: 土培试验设 7 个处理: (1) 对照; (2) 钾化肥; (3) 牛厩肥; (4) 猪厩肥; (5) 鸡粪; (6) 绿肥; (7) 秸秆。钾化肥和有机肥处理施钾量相同, 按 K_2O 450 kg/hm² 折算。生物试验在土培试验基础上进行, 处理相同。

试验方法: 培养试验用直径 16 cm, 高 11 cm 的塑料盆, 装土 1.5 kg, 有机肥料粉碎过孔径 1 mm 筛, 肥料与土壤充分混匀装盆, 按 25% 浇水, 在 20~ 25℃条件下培养, 分别在 30 d、70 d、110 d、150 d 取土样测定土壤速效钾和缓效钾含量。在培养 150 d 的基础上, 进行连续种植玉

表 1 供试土壤理化性状

编号	土壤	地点	有机质(%)	碳酸钙(%)	代换量(cmol/kg)	速效钾(mg/kg)	缓效钾(mg/kg)	pH
1	栗钙土	康保	2.46	1.06	14.8	136	644	7.63
2	棕壤	丰宁	2.83	0.50	20.0	124	684	6.49
3	褐土	石家庄	1.61	5.90	13.2	84	826	7.52
4	褐土	唐山	1.92	0.17	15.8	94	866	6.89
5	潮土	衡水	1.66	5.71	11.2	148	1022	6.82
6	潮土	丰南	2.09	0.17	23.8	138	812	6.99

米幼苗生物试验,每茬玉米幼苗生长 30~ 40 d 收获,共种植 6 茬,每茬计生物产量,并分析植株含钾量。

2 结果与分析

2.1 有机肥料的含钾状况

测试了 6 种有机肥料(包括作物秸秆、绿肥)中的钾素形态含量状况,结果表明,全钾含量在 0.85%~ 4.5% 之间,其中油菜绿肥、麦秸、玉米秸全钾含量明显高于三种粪肥。全钾中速效钾和缓效钾约占 50%~ 70%,其中绿肥中速效钾含量为 31 369 mg/kg,两种作物秸秆中速效钾为 14 440 mg/kg 和 19 380 mg/kg,约占全钾的 70%,而缓效钾仅占 1.7%~ 6.0%。三种粪肥中速效钾含量为 3 705~ 5 796 mg/kg,占全钾的 32.7%~ 43.8%,缓效钾占全钾的 6.0%~ 25%。显然在粪肥中,在速效钾和缓效钾以外的钾素中,可能有一部分有机态钾,因粪肥中含有土壤成分,因此还有一定的矿物态钾。

2.2 有机肥料对土壤钾素的供应能力

2.2.1 有机肥料钾向土壤速效钾和缓效钾的转化 不同时期采样结果(表 2)表明,有机肥料施入土壤后一个月左右向土壤速效钾的转化过程就基本稳定,而向土壤缓效钾的转化一个月后仍在缓慢进行,至 70 d 才基本稳定,继续培养至 5 个月,其变化不大,这说明有机肥钾施入土壤 70 d 左右与土壤基本达到平衡状态。

肥料中的速效钾和缓效钾在与土壤反应过程中,约有 50%~ 80% 仍以两种形态存在于土壤中。如猪厩肥处理为 50.7%,秸秆处理为 87.4%。其余部分被固定形成了较难溶性的钾,显然猪厩肥中钾的固定率比秸秆的高。

表 2 施钾处理在各取样期速效钾和缓效钾增加量 mg/kg

处 理	速钾施入量	缓钾施入量	30 d		70 d		110 d		150 d	
			速钾	缓钾	速钾	缓钾	速钾	缓钾	速钾	缓钾
钾化肥	200.0	—	32.7	48.3	33.0	60.3	37.0	79.0	36.7	54.0
牛厩肥	87.6	17.4	20.7	29.6	22.0	51.3	21.3	54.3	22.0	49.0
猪厩肥	85.4	50.0	16.3	48.3	18.3	50.0	17.0	43.3	15.7	53.0
鸡 粪	82.6	12.0	24.3	25.0	23.7	66.0	24.7	45.8	27.0	33.3
绿 肥	139.4	3.4	35.7	45.7	36.3	73.7	37.3	77.7	39.7	54.0
秸 秆	139.2	5.2	48.7	39.3	46.7	83.3	49.3	82.8	50.0	76.2
平均(有机)	106.8	17.6	29.1	37.5	29.4	64.9	29.9	60.8	30.9	53.1

在土壤中增加的两种形态钾量当中,速效钾约占 20%~ 50%,仅占施入量的 18%~ 50%,缓效钾约占两者的 50%~ 80%,是施入量的数倍。如牛厩肥处理土壤中增加的速效钾量仅占

施入量的 25%, 而缓效钾增加量却是施入量的 2.8 倍, 秸秆、绿肥处理土壤中缓效钾增加量甚至高出施入量十几倍。这说明大部分速效钾在与土壤接触过程中被土壤粘粒或晶格吸附转化成缓效钾。

2.2.2 不同有机肥料对土壤钾素的供应差异 5 种有机肥料对土壤速效钾的供应顺序是麦秸> 绿肥> 鸡粪> 牛厩肥> 猪厩肥, 对缓效钾的供应顺序是麦秸> 绿肥> 猪厩肥> 牛厩肥> 鸡粪, 与等量钾化肥处理相比, 秸秆的效果明显好于钾化肥; 绿肥与之相近, 三种粪肥的效果略低于钾化肥。

2.2.3 不同土壤对有机肥供钾的影响 不同类型土壤对有机肥的供钾作用有一定的影响(表 3)。1 号栗钙土、2 号棕壤土、4 号褐土施入的肥料钾中的速效钾和缓效钾有 85% 形成了土壤速效钾和缓效钾, 如 1 号土施入的 5 种有机肥料中速效钾和缓效钾总量平均为 124.4 mg, 而培养后的土壤速效钾和缓效钾共增加 108.6 mg, 占施入量的 87.3%。5 号土施入的两种形态钾素均有 60% 转化成土壤速效钾和缓效钾; 3 号和 6 号土只有 40% 形成了土壤速效钾和缓效钾。由此可见, 不同土壤对有机肥钾的固定作用不同。从结果中还发现, 在 6 种供试土壤中, 5 种有机肥料对土壤速效钾的供应能力的顺序完全一致, 均为麦秸> 绿肥> 鸡粪> 牛厩肥> 猪厩肥, 而对缓效钾的供应则没有明显的一致性。这说明不同土壤对有机肥料供钾的影响在缓效钾上要大于速效钾。

表 3 6 种土壤上各施钾处理土壤速效钾和缓效钾增加量 mg/ kg

土壤	项目	化肥钾	牛厩肥	猪厩肥	鸡粪	绿肥	秸秆	5 种有机肥	
								平均	占施入 %
1 栗钙土	速效钾	78	42	32	46	64	84	53.2	49.8
	缓效钾	47	38	45	29	61	104	55.4	315.0
	速+ 缓	125	80	75	75	125	188	108.6	87.3
2 棕壤	速效钾	40	28	14	36	46	60	36.8	34.5
	缓效钾	60	72	86	39	77	67	68.2	388.0
	速+ 缓	100	100	100	75	123	127	105.0	84.4
3 褐土	速效钾	24	16	16	20	28	38	23.6	22.1
	缓效钾	40	20	47	7	10	50	26.8	152.0
	速+ 缓	64	36	63	27	38	88	50.4	40.5
4 褐土	速效钾	20	10	8	20	28	30	19.2	17.9
	缓效钾	110	90	90	80	88	91	88.4	502.0
	速+ 缓	130	100	98	100	116	121	107.6	86.5
5 潮土	速效钾	44	20	14	22	46	54	31.2	22.4
	缓效钾	31	55	11	3	54	94	43.4	247.0
	速+ 缓	75	75	25	25	100	148	74.6	60.0
6 潮土	速效钾	14	16	12	18	26	28	20.0	18.7
	缓效钾	36	19	48	42	34	52	39.0	222.0
	速+ 缓	50	35	60	60	60	80	59.0	407.4
平均	速效钾	36.7	22.0	15.7	27.0	39.7	50.0	30.9	28.9
	缓效钾	54.0	49.0	53.0	33.3	54.0	76.2	53.5	308.0
	速+ 缓	90.7	71.0	68.7	60.3	93.7	126.2	84.0	59.7
占施入量 %	速效钾	18.4	25.1	18.4	32.7	28.5	35.9		
	缓效钾	-	282.0	106.0	278.0	1588.0	1465.0		
	速+ 缓	45.4	67.6	50.7	63.7	65.6	87.4		

2.3 不同施肥处理对玉米幼苗生长量及吸钾量的影响

2.3.1 对玉米幼苗生长量的影响 生物产量结果表明(表 4), 各种有机肥和钾化肥均表现了明显的增产效果。在 6 个供试土壤上, 钾化肥处理均达到了显著水平; 5 个有机肥处理, 在 1 号栗钙土和 2 号棕壤上达到了显著水平, 而在另外 4 个土壤上虽然增产, 但未达显著水平。5 个有机肥处理的平均增产率为 14.1%, 仅略低于钾化肥处理的 15.0%。6 个施肥处理之间比

较,其增产顺序为麦秸>猪厩肥>牛厩肥=钾化肥>绿肥>鸡粪。5种有机肥料在4个类型土壤上的平均效果的大小顺序是栗钙土>棕壤>褐土>潮土。钾化肥的效果则是褐土>栗钙土>棕壤>潮土。在不同区域的褐土和潮土上表现有不同的效果,这与以前我们研究的钾化肥在两个区域的差异是一致的。

表4 有机肥和钾化肥供钾对玉米幼苗生长量的影响 g/盆

土壤	对照	钾化肥	牛厩肥	猪厩肥	鸡粪	绿肥	秸秆	5种有机肥	
								平均	占施入%
1	14.6	16.8	17.0	16.5	17.0	17.9	17.0	17.1	17.2
2	16.0	18.0	18.5	18.6	17.1	18.7	19.2	18.4	15.0
3	13.6	15.9	16.6	14.7	14.3	15.4	16.1	15.4	13.2
4	13.5	16.5	16.7	17.2	14.5	14.5	15.2	15.6	15.6
5	13.7	15.0	14.5	16.6	13.8	14.1	14.8	14.8	8.0
6	12.5	14.3	13.4	13.7	14.1	14.0	15.8	14.2	13.6
平均	14.0	16.1	16.1	16.2	15.0	15.8	16.4	15.9	14.1
增%	-	15.0	15.0	15.7	7.9	12.9	17.1		

2.3.2 对玉米幼苗吸钾量的影响 从玉米幼苗吸钾量来看(表5),有机肥钾处理和化肥钾处理均比对照增加了吸钾量,特别是秸秆和绿肥处理玉米幼苗钾素百分含量和绝对吸钾量均明显高于对照和其他有机肥处理,绝对吸钾量比对照提高了50%,且吸钾量达到了施入的速效钾和缓效钾总量的66%。

表5 不同处理对玉米幼苗吸钾量的影响 mg/盆

土壤	对照	钾化肥	牛厩肥	猪厩肥	鸡粪	绿肥	秸秆	5种有机肥平均
1	185.1	281.7	387.3	258.9	274.1	312.0	329.3	312.3
2	251.3	338.9	313.5	273.1	295.5	413.8	373.0	333.8
3	125.7	203.5	192.5	165.4	170.0	205.5	200.0	186.3
4	213.2	308.0	297.7	268.0	241.2	261.7	269.0	267.5
5	210.2	280.5	231.7	244.8	247.9	325.8	303.5	270.7
6	161.9	197.5	160.6	172.8	192.5	195.5	247.9	193.9
平均	191.2	268.3	260.9	230.5	236.9	285.7	287.2	260.2
增%	-	40.3	36.5	20.6	23.9	49.4	50.2	

2.3.3 不同肥料钾的增产效果与土壤钾素形态含量的关系 通过分析各施肥处理对生物产量的效果与土壤钾素形态含量的关系可以看出,化肥钾的增产效果与土壤速效钾含量水平有一定的负相关关系, $y=30.57-0.126x$, $r=-0.752$;而有机肥钾的增产效果则与土壤缓效钾含量呈一定的负相关关系, $y=31.99-0.223x$, $r=-0.853^*$,达到了5%的显著水准。说明有机肥钾的效果受土壤缓效钾的影响更大于速效钾。

3 结论与讨论

供试厩肥、秸秆和绿肥均含钾丰富,其中速效钾和缓效钾含量占47.3%~75.6%,是理想的钾肥肥源。

有机肥料施入土壤后,向土壤速效钾的转化过程在30d之内达到平衡,而向缓效钾的转化在70d左右才趋于稳定。在反应过程中,肥料中的速效钾和缓效钾总量的50%~80%仍以两种形态存在于土壤中,而有20%~50%被土壤固定。在土壤中形成的两种形态钾素中,缓

效钾约占 50%~80%, 明显高于施入量, 速效钾约占 20%~50%, 低于施入量。说明肥料中部分速效钾转化形成了缓效钾。

有机肥料对土壤和作物的供钾能力和固定状况受肥料种类、土壤类型和土壤缓效钾含量的影响较大。

参考文献:

- [1] 杨玉爱. 我国有机肥料与展望[J]. 土壤学报, 1996, 33(4): 414-421.
- [2] 谢建昌. 农业持续发展中的土壤钾素养分的变化及其管理. 见: 中国土壤学会编写组. 中国科学与农业持续发展[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994. 211-215.
- [3] 林葆, 林继雄, 李家康. 我国北方连续施用钾肥的作物产量和土壤钾素变化. 见: 谢建昌等. 北方土壤钾素肥力及其管理[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995. 25-30.
- [4] 周晓芬, 刘宗衡. 长期施用有机肥和钾化肥对钾素平衡的影响[J]. 河北农业科学. 1995, (3): 28-29, 36.
- [5] 张漱茗, 阎华, 周景明. 钾肥、麦秸、马粪在土壤钾素平衡中的作用. 见: 谢建昌等. 北方土壤钾素肥力及其管理[M]. 中国农业科技出版社, 1995. 351-356.

Potassium Status in Barnyard Manure, Crop Residue and Green Manure and Their Capability of Supplying Potassium to Soil and Crop

ZHOU Xiao-fen, ZHANG Yan-cai, LI Qiao-yun, BU Feng-ji

(Soil and Fertilizer Institute, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051)

Abstract: The status of total K, rapidly available K and slowly available K contents in five conventional organic fertilizers, e. g., cattle manure, pig manure, chicken manure, crop residue and green manure, as potassium sources were reported in this paper. And the effects of the mentioned K resources on K supplying capability of soil and crop were studied. The following conclusions were developed from the obtained results. (1) The 5 kinds of K sources contented 0.85% - 4.50% of total K, among which 32.7% - 69.7% was rapidly available K, 1.7% - 25.0% was slowly available K. (2) After 150 days of culturing, 50% - 80% of the rapidly and slowly available K still existed in the soil as the two forms, but the rapidly available K proportion decreased evidently and the slowly available K proportion increased significantly, and their extent was related to the K source kinds and soil types. (3) All kinds of mentioned organic fertilizer increased the dry weight and absorbed amount of K of corn seedling. (4) The effect on K supplying of organic fertilizer was more clearly related to soil slowly available K.

Key words: Manure; Crop residue; Green manure; Potassium content status; Potassium supply capability