

生物钾肥的增产作用及对土壤钾平衡的影响*

沈中泉 郭云桃 刘良学 蔡庆祥
(湖北省农科院土肥所)

摘 要

生物钾肥是指具有高钾低氮磷养分组成的植物的绿色体或秸秆。生物钾肥作用的实质是：植物不断吸收并活化土壤钾，富集土壤和水体中钾，通过以绿色体或秸秆形式归还，促进土壤钾的良性循环和再利用。生物钾肥中钾的溶解度和利用率都较高，其供钾性能类似矿质钾肥。在等钾量下，各种生物钾肥的增产效果和矿质钾肥接近。

长期以来，我国农业生产中钾主要靠有机肥提供。估计表明：1979 年南方 13 省以有机肥形式进入土壤中的 K_2O 353 万吨，占当年以肥料形式进入土壤的 K_2O 总量的 95%¹⁾。预测到 2000 年，我国钾肥的需要量仍将 84% 依赖有机肥中钾素供给²⁾。

迄今为止，有机肥做为碳源和氮源在植物营养和改良土壤中的作用，国内外进行了大量的研究，但对有机肥中钾在改善植物钾营养和土壤钾平衡中的作用的研究却嫌不够。生物钾肥中，占主导的有效养分是钾，因此研究富钾植物的作用机制及其增产效果，对于开发并合理利用我国丰富的生物钾肥资源，保持土壤钾素平衡，均具有重要的实际意义。

一、材料和方法

供试土壤有白沙泥、黄泥田和潮泥土。供试生物钾肥有稻草、水花生和向日葵绿色体。供试土壤主

表 1 供试土壤主要农化性状

Table 1 The main agrochemical properties of the soils used in experiment

土 壤 Soil	母 质 Parent material	有机质 (%) O. M.	全 氮 (%) Total N	速效磷 (ppm) Avail. P	全 钾 (%) Total K	缓效钾(mg/100 克土) Slowly-released-K		速效钾(ppm) Available K	
						幅 度 Range	均 值 Mean	幅 度 Range	均 值 Mean
白沙泥 (n = 6)	花岗岩	2.415	0.153	11.6	4.195	27.0—71.4	62.3±16.4	34.8—57.3	43.8±6.8
黄泥田 (n = 3)	第四纪黄 褐色粘土	3.080	0.186	8.8	1.237	25.2—50.8	42.6±10.8	48.5—96.9	69.8±20.2
潮泥土 (n = 6)	河流冲积 物	0.976	0.063	22.0	2.620	105.5—122.5	111.6±7.8	54.6—96.6	76.8±15.0

* 参加协作研究的有周美芳、程火木、周传明同志和黄陂县土肥站。

- 1) 文启孝, 1983: 有机肥料在养分供应和保持土壤有机质含量的作用。《中国土壤的合理利用和培肥》, 下册 169 页。
- 2) 张夫道等, 1983: 我国肥料结构现状与前景。农业现代化探讨, 57 页。

要农化性状和生物钾肥养分含量分别列于表 1 和表 2。

表 2 生物钾肥的养分组成

Table 2 Nutrient contents of biological-potash fertilizers

项目 Items	n	全氮 (%) Total N	全磷 (%) Total P	全钾 (%) Total K	有机碳 (%) Organic C	C/N
稻草(早稻)	63	0.606±0.10	0.065±0.03	2.50±0.26	42.21	>60
水花生	9	1.590±0.54	0.250±0.12	5.17±1.38	40.45	25
向日葵(开花前)	16	1.755±0.46	0.270±0.06	2.61±1.28	37.75	21.5

本研究采用田间与盆栽试验,室内模拟试验与分析测示等方法,兹分述如下:

(一) 田间和盆栽试验 田间试验处理有: 1. 对照(水稻亩施 N 20 斤, P₂O₅ 5 斤, 棉花亩施 N 22 斤, P₂O₅ 4 斤), 2. KCl (亩施 K₂O 12 斤), 3. 风干稻草 400—450 斤(施水稻), 4. 鲜水花生 2500 斤(施水稻和棉花), 5. 向日葵绿色体 1000—1500 斤(施棉田), 第 2—5 个处理按对照处理施氮磷肥, 稻草和水花生处理施钾量大体和氯化钾相等, 向日葵处理为其一半。为保持各处理等氮, 生物钾肥中氮素的利用率, 稻草按 10%, 水花生和向日葵各按 40% 在底肥用量中扣除。盆栽试验处理和大田一致, 增加了稻草不同施用方法, 除对照(NP)外, 各处理都施等量氮(N 80 ppm) 磷(P₂O₅ 40 ppm) 和钾(K₂O 70 ppm)。此外, 还增设了脱钾稻草处理, 该稻草用离子交换水反复浸提, 直至无钾为止。各项处理均施入适量 B, Zn, Mo 元素。另外还用 ¹⁵N 标记稻草(¹⁵N 丰度 12.09%), 测定晚稻吸收标记氮素的比率, 以便比较稻草做为钾源和氮源对作物营养的贡献。盆栽和田间试验均重复 4 次, 田间小区面积 0.05 亩。此外, 1982—1985 年在黄泥田上设置了定位试验, 采用紫云英—双季稻栽培制, 各处理早稻施等量氮、磷肥, 钾肥只在晚稻上试验(早晚分施处理除外)。各季紫云英测产后保留 1000 斤原田翻压。

(二) 富钾植物对钾的富集和活化能力的测定 分别采用了差减法、幼苗法和水培法。富集能力以植物对土壤非代换钾的吸收率表示, 计算公式如下:

$$\frac{\text{植物吸收总钾量} - (\text{试前土壤速效钾} - \text{试后土壤速效钾})}{\text{植物吸收总钾}} \times 100\%$$

差减法每盆装土 3 公斤, 播种供试植物, 收获后按上式计算其对土壤钾的富集能力。测定钾的活化能力采用幼苗耗竭法, 每盆装低钾土 2 公斤, 施入含全钾 11.15%, 速效钾 0.166% 的钾长石粉 100 克, 补充氮磷肥, 播种富钾植物, 生长 43 天后收获, 利用差减法测定其活化能力。幼苗法系将作物种植在去掉代换钾的土壤上, 测定其对土壤非代换钾的利用率。土壤去钾方法有: (1) 化学代换法: 采用 1N 的 NH₄OAc 多次浸提土壤, 抽吸过滤, 至滤液中含速效钾 0.5 ppm 止, 再用无钾营养液淋洗脱钾土, 除去过量铵并补充淋失的阳离子。(2) 电超滤法: 供试土壤经 50—400V 系列电超滤 35 分钟, 去掉土壤代换钾后, 收集残土风干备用。将上述两法制备的脱钾土壤分别装入 100 毫升烧杯中, 每杯 30 克, 杯底装入石英砂 100 克, 并施入适量无钾完全营养液, 用蒸馏水灌溉, 连种二期水稻, 每期生长一个月收获, 将两次秧苗连根洗净烘干称重, 分析全钾。秧苗吸收钾量减掉空白对照苗吸钾量代表土壤非代换钾的吸收量。

水培法用 5 级钾完全营养液, 每盆盛液 4 升, 植入水花生茎节 3 根, 定期测定营养液中 K⁺ 浓度变化及水花生干重增长量, 计算其对溶液中 K⁺ 的回收率和吸钾速率。

(三) 生物钾肥对土壤钾的保蓄(吸附和固定)试验 本法采用瓦氏盆, 盆底铺直径 0.5—1cm 砾石, 组成 5cm 厚的透水层, 装入供试土壤 6 公斤, 使其容重为 1.20 左右, 下设排水管调节开关, 模拟田间条件, 使盆内水层垂直渗漏量为每日 4mm。插植水稻, 定期测定漏液中 K⁺ 浓度, 通过计算渗漏损失

钾量,了解稻草中有机质对土壤钾的保蓄作用。

二、结果和讨论

(一) 生物钾肥的增产效果

1. 田间试验结果: 在缺钾土壤上, 施用各种生物钾肥, 对水稻棉花都有显著增产作用。1982—1985年, 统计湖北省通城、黄陂和崇阳3县11处大田试验, 施用稻草和水花生, 晚稻增产幅度每亩25—78.8公斤, 平均 44.6 ± 20.8 公斤, 增产率17.2%。潮泥土上施用水花生和向日葵, 皮棉增产幅度为每亩5.3—13.1公斤, 平均 9.5 ± 1.7 公斤, 增产率11.7%。水稻除谷粒外也相应增产稻草, 增产稻谷和稻草的比例约为1:1.27。

通过黄泥田定位试验, 观察到生物钾肥在双季稻栽培制中的累积效果(表3), 以4年平均值表示, 各处理在晚稻上的平均增产序为: 氯化钾 > 水花生 > $\frac{1}{2}$ 稻草 + $\frac{1}{2}$ 水花生 > 早晚分施 > 稻草。其中除第一季稻草处理增产不显著外, 其余处理各季增产均达显著标准。钾肥残效反映在早稻产量上, 只有 $\frac{1}{2}$ 稻草加 $\frac{1}{2}$ 水花生处理较显著。从4年累积效果看, 稻谷总产量, 以氯化钾和稻草各半早晚分施最高。可见在缺钾土壤上, 早晚分施似更能发挥施肥的经济效益。

表3 生物钾肥在双季稻栽培制中的累积效果(稻谷: 公斤/亩)

Table 3 Cumulative effect of bio-K fertilizer in double rice cropping system (grain kg/mu)

处 理 Treatment	早稻 Early rice	晚 稻 Late rice			4 年合计 Sum of Yields			增 谷 (kg/kg K ₂ O) Yield increase
	谷 Grain yield	谷 Grain yield	增 谷 Yield increase	增产率 % of increase	总产 Total	季增谷 Yic. inc. per crop	增产率 % of increase	
CK	274	269.9±17.1			2175.8			
KCl	280.3	326.±32.1	56.1	20.8	2425.4	31.2	11.5	10.4
稻草早、晚分施	306.6	307±49.2	37.1	13.7	2454.6	34.8	12.8	11.6
稻草	278.2	301.9±42.1	32.0	11.9	2320.7	18.1	6.7	7.2
1/2(稻草+水花生)	290.3	309.2±48.4	39.3	14.6	2398.2	27.8	10.2	7.7
水花生	280.5	314±45.0	44.0	16.3	2378.1	25.3	9.3	8.4

2. 盆栽试验结果: 表4中各种生物钾肥均比对照增产, 增产率为31—38%, 但不同生物钾肥或同一生物钾肥不同施用方法的处理间, 产量差异均不显著, 这是由于施入了等量钾素, 而有机肥中钾都呈游离态, 其利用率相同, 它们的增产效果也接近。另外, 如以氯化钾增产值为100, 则各种生物钾肥的平均增产值约为85%。脱钾草不增产(其用量与稻草相等), 从而反过来证明了生物钾肥中钾素是导致作物增产的主要原因。

表 4 不同生物钾肥和不同稻草施用方法的效果

Table 4 Effects of various bio-K fertilizers and application methods of rice straw

处 理 Treatment	谷 Rice grain		稻 草 (g/pot) Rice straw
	克/盆 (g/pot)	增产率(%) % of increased	
CK	33.5±6.9a		28.5±3.9
脱钾稻草	32.5±0.4a	-8.9	27.8±5.0
草液泼	44.0±0.6b	31.3	28.9±3.1
草液喷	45.6±1.9bc	36.1	34.7±11.0
草灰	45.7±2.1bc	36.4	34.9±8.9
向日葵	45.7±4.8bc	36.4	34.3±11.0
水花生	45.8±2.3bc	36.7	34.8±9.4
稻草	46.4±2.5bc	38.5	35.2±11.5
KCl	47.6±1.8c	42.1	35.7±9.5

注：除 CK 和脱钾稻草处理外，每盆施 K_2O 385 mg；草液泼为根施，喷为根外施。

(二) 富钾植物对钾的富集能力

1. 土壤钾的富集：钾在土壤—生物—土壤体系中的良性循环的实质，就是植物不断吸收利用土壤钾并使之富集，然后以绿色体或残体形式使钾归还土壤而供再利用的过程。植物吸收能不断打破土壤中各种形态钾之间的平衡，促使土壤矿物钾不断有效化。富钾能力的大小，受植物营养生理型和活性根表面积大小的影响，富钾植物具有较大的活性根表面积，根系对 K^+ 有较强的亲和力，能强烈吸收土壤或溶液中钾并使之富集^[4]。

表 5 富钾植物对土壤缓效钾的吸收

Table 5 Absorption of non-exchangeable K in Soil by K-enriching plants

土壤 Soil	向日葵 Sunflower			水花生 <i>A. philaxeroides</i>			水稻 Rice		
	种植 天数 Days	吸收土壤钾 K uptake from soil		种植 天数 Days	吸收土壤钾 K uptake from soil		种植 天数 Days	吸收土壤钾 K uptake from soil	
		(mg/pot)	% of non-exch. K		mg/pot	% of non-exch. K		(mg/pot)	% of non-exch. K
白沙泥	57	179.4	40.6						
	109	278.6	42.8	129	179.2	23.4	90 早	117.9	68.2
	161	359.8	55.1	196	327.6	84.2	87 晚	244.8	68.4
黄泥田	57	232.7	54.4						
	109	498.1	60.0	129	395.7	28.3	90 早	290.5	76.3
	161	655.4	70.3	196	824.5	90.8	87 晚	344.7	76.5
潮泥土	41	359.2	61.9						
	93	679.0	70.3						

注：土壤缓效钾：白沙泥为 27、黄泥田为 50.8、潮泥土为 114.6 Kmg/100 克土。

表 6 秧苗对各种形态土壤钾的吸收(耗竭法)
 Table 6 Absorption of different forms of soil-K by rice seedlings
 (depletion method)

处 理 Treatment	代号 Code	秧苗 吸收钾 (mg/pot) K uptake by seedlings	I—II		II—IV		III—IV		非 代换性钾 (%) % of non-exch. K
			肥料钾 (%) % of fert. K	土壤钾 (%) % of soil K	代换钾 (%) % of exch. K	缓效钾 (%) % of non-exch. K	残存代换钾 (%) % of resi. exch. K	非代换性钾 (%) % of non-exch. K	
土壤+钾	I	89.0	79.9	20.1					
原土	II	17.9			33.0	67.0			
电超滤土	III	14.5					17.2	82.8	
代换脱钾土 (1984年)	IV	12.0							100
代换脱钾土 (1983年)	V	12.6							100

注: 秧苗吸收钾量 (mg K/pot) = 秧苗吸钾总量 - 空白秧苗吸钾量。

研究证明: 随着时间的推延, 富钾作物吸收缓效钾比例递增(表 5)。在三种供试土壤中, 缓效钾含量潮泥土 > 黄泥田 > 白沙泥, 同一土壤富钾植物对缓效钾吸收的绝对量和比例均随生长期延长而增加, 向日葵、水花生和水稻都表现一致。如早、晚稻生长天数相近, 在同一土壤上对缓效钾的利用率也相同。秧苗耗竭试验进一步证明, 在白沙泥上, 生长 30 天的水稻秧苗吸收缓效钾量占总吸钾量的 67% 左右(表 6), 与盆栽差减法测得的缓效钾吸收率 68.3% 接近, 可见水稻利用缓效钾能力较强。而在施入钾肥时(原土 + 104.3mg K₂O/钵), 秧苗吸收肥料钾占总钾的 79.9%, 吸收土壤钾仅占 20.1%。可见水稻吸收缓效钾受土壤速效钾含量及施肥影响, 速效钾低的土壤, 当不施钾时则强烈吸收缓效钾。用脱钾土壤进行模拟试验, 是试图通过幼苗耗竭直接测定作物对土壤非代换性钾的吸收。在脱钾土上, 幼苗吸收的钾, 可基本上视为非代换性钾即缓效钾和部分矿物钾。从试验中看到, 在这种脱钾土上, 秧苗仍能正常生长, 这时秧苗吸收的总钾, 全部来自供试土壤脱钾前的非代换性钾库中。经电超滤后, 土壤中水溶钾、代换钾和大部分缓效钾被除去, 但与 1N NH₄OAC 抽吸代换法比, 其代换能力较弱, 故经超滤后尚残存有部分代换钾(约 10.5 ppm)。故秧苗吸收的差数代表电超滤后残存的代换钾, 但秧苗吸收非代换钾的比例已由原土的 67% 上升到 82.8%。

植株含钾量与土壤代换钾有高度相关性¹⁾, 但植株含钾量 (K₂O%) 与土壤缓效钾有否相关性则很少报道。从各项试验的对照中, 将各种富钾植物含钾量与其对应的土壤缓效钾进行回归分析, 发现土壤缓效钾 (X) 和富钾植物植株含钾量 (Y) 呈直线相关, 相关系数均达显著标准。其回归方程为: 向日葵 $Y = 1.117 + 0.0129X$, $r = 0.98^{**}$ 。早稻 $Y = 0.489 + 0.0133X$, $r = 0.91^{**}$ 。晚稻 $Y = 0.005 + 0.0161X$, $r = 0.87^{**}$ 。其中晚稻回归方程斜率较大, 可能反映在低钾土壤上, 晚稻较早稻和向日葵更加依赖土壤缓效钾。与此同时, 还对稻草含钾量 (X) 与水稻产量 (Y) 的相关性进行了回归分析, 发现无

1) 朱维和, 1981: 水稻钾素营养诊断的研究。中国土壤学会钾肥学术讨论会文献。(未刊稿)。

表 7 水花生对溶液中钾的富集

Table 7 Enrichment of K⁺ in solution by *A. philaxeroides*

培养液 K ⁺ 浓度 (ppm) K ⁺ concentration in solution	7 天 7 days		14 天 14 days		21 天 21 days		28 天 28 days	
	吸收钾 (mg/ day·pot)	钾回收率 (%) Rate of K recovery	吸收钾 (mg/day. pot) K uptake	钾回收率 (%) Rate of K recovery	吸收钾 (mg/day. pot) K uptake	钾回收率 (%) Rate of K recovery	吸收钾 (mg/day. pot) K uptake	钾回收率 (%) Rate of K recovery
	1.6	0.30	44.4	0.45	76.1	0.33	71.3	0.30
6.6	1.81	47.2	1.51	80.1	1.13	89.6	0.89	91.4
11.6	2.32	46.7	2.63	79.4	2.10	94.7	1.89	93.8
31.6	6.24	44.6	6.79	75.2	5.89	97.8	4.39	96.4
81.6	15.33	43.8	16.04	68.8	15.02	96.6	11.39	97.3

论早稻或晚稻, 稻谷产量(早稻克/盆, 晚稻斤/亩)和稻草含钾量都明显相关。其回归方程早稻 $Y = 23.1 + 7.8X$, $r = 0.70^*$; 晚稻 $Y = 370.4 + 176.3X$, $r = 0.91^{**}$ 。可见在缺钾成为产量限制因子的情况下, 成熟期稻草含钾量可作为衡量作物钾营养丰缺的指标。

2. 水花生对水体中钾的富集: 多数水生植物能富集低浓度的钾溶液。生长在不同浓度钾溶液中的水花生, 吸钾速率 (mg K₂O/天·盆) 随钾浓度增加而增加(表 7), 并呈有规律的变化。生长 21 天的水花生可以从低钾溶液 (1.6—6.6ppmK) 中回收施入钾量的 71—90%, 从高钾溶液 (31.6—81.6ppmK) 中回收 96—98%。水花生的吸钾速率在同一时期, 均随溶液钾浓度的增加而递增, 至 14 天已达到高峰, 此后即下降, 这可能与水培液钾浓度受水花生消耗未能保持恒定有关。水花生吸钾速率与溶液 K⁺ 浓度的直线回归方程的相关系数均极显著, 如高峰期 (14 天) $Y = 5.38 + 3.27X$, $r = 0.99^{**}$, 水培观察到水花生在低钾浓度和高钾浓度中都能正常生长, 并保持较强的吸钾速率, 其吸钾量实际上已超过本身正常生长的需要, 而产生了奢侈吸钾。这种情况也表明水花生根系对 K⁺ 有较大亲和力。

3. 富钾植物对矿物钾的活化: 植物吸收难溶性矿物钾的研究已有报道^[1], 利用幼苗

表 8 植物对矿物钾的活化能力 (毫克 K₂O/盆)Table 8 The activation capability of plant to mineral-K (mg K₂O/pot)

作 物 Plants	土壤速效钾 Soil avail. -K.	吸钾总量 Sum-K uptake		吸收钾长石中钾 K uptake from feldspars	活化率* Rate of activation
		对 照 CK	钾长石粉 K-feldspars		
绿 豆	70	58.6	85.2	26.5	0.237
玉 米	70	133.2	161.5	28.3	0.250
向日葵	70	124.3	183.8	59.5	0.530
苏丹草	70	144.5	175.7	31.2	0.280
水 稻	70	40.2	78.6	38.4	0.394

* 活化率 = $\frac{\text{吸收钾长石钾}}{\text{施入钾长石钾}} \times 100\%$ 。

试验,采用差减法考查了一些作物对钾长石中矿物钾的活化能力(表 8),生长 43 天的幼苗,利用钾长石中矿物钾约为其全钾的 0.24—0.53%,活化能力的大小依次为:向日葵>水稻>苏丹草>玉米>绿豆。初步看来,具有发达根系和较大活性根表面积的作物,活化能力较强。而活化能力较强的作物,往往又是喜钾作物。

(三) 生物钾肥中钾的有效性及其利用率

植物体内的钾呈游离态,试验结果,用 25 倍的水浸提 3 小时,3 种供试生物钾肥中 80% 以上的钾可被浸出;浸提 24 小时后,浸出率达 90% 以上。用 0.5% NH_4OAc 浸提的效果比水更好。国外曾报道雨水淋洗 3 小时,稻草中 K^+ 损失 50% 以上^[3]。可见,植物中的钾具有高度可溶性,因此在实践中施用干枯的生物钾肥也可以获得较好的效果。

生物钾肥中钾的高度溶解性,使它也具有较高的利用率。3 种供试土壤上,籼、粳和杂交水稻对水花生和稻草中钾的利用率幅度为 75—94%,平均 $83.2 \pm 5.0\%$ ($n = 8$)。模拟试验测定生物钾肥中钾的释放,发现施肥后 30 天,肥料中钾的净释放量呈直线上升,75 天左右达到高峰,各种生物钾肥和氯化钾的释放曲线十分接近,说明两类钾肥的供肥性能是一致的。此外,施用 ^{15}N 标记稻草的结果,晚稻对稻草中标记氮的利用率为 23.2%,尽管此值高于田间实际值,按此值计算,400 斤干草提供的有效氮仅 0.55 斤。由此看来,稻草还田钾素的提供远比氮高。

(四) 生物钾肥对稻田土壤钾平衡的影响

土壤中钾的收入主要来自施肥和灌溉水(含雨水)。据采样测定,灌溉水含量变幅为 1—4.5ppm,平均约 2.5—3ppm,据报道:由雨水带人土壤的钾每亩仅约 0.3 斤⁹⁾,但这两部分收入的钾量由于排水和渗漏损失的抵消而十分有限,因此施肥和作物吸收常常成为决定土壤钾平衡的主要因素。由于施入钾量常不能弥补作物带走量。许多试验结果,土壤钾平衡大多表现亏损^[2,6]。

生物钾肥以两个方面影响稻田钾素平衡,即(1)补充土壤钾的消耗:多年定位试验(表 9)每年在晚稻施入相当于 12 斤 K_2O 的生物钾肥,测定施生物钾肥各处理土壤钾的变化,结果表明:与试验前土壤的原始含量比较,白沙泥代换钾增加,缓效钾降低,但总量亏损;黄泥田代换钾减少,缓效钾增加,但总量增加。与对照(不施钾)比,白沙泥缓效钾降低和代换钾增加二者相抵结果,土壤钾平衡大体和对照区相当,黄泥田略有减少。这说明,由于施钾区作物生长的改善,土壤钾消耗常比对照更多,即施钾区产量的增加常伴随着消耗更多的土壤钾,所谓“高产缺钾”就是这种情况的表现。白沙泥和黄泥田钾平衡的差别除了与其产量水平前者高后者低有关外,还可能与两种土壤粘土矿物组成有关。X 射线衍射分析表明:黄泥田以高岭石和绿泥石为主,含一定量的蒙脱石,白沙泥以高岭石为主,含少量水化云母。这种以 1:1 型粘土矿物为主的土壤, K^+ 缺少专性结合位,也缺少层间钾和固定态钾,因此含缓效钾低,当代换钾被作物消耗后从缓效钾获得补充,因而使钾的贮备受到消耗。而黄泥田由于含较多能固定钾的 2:1 型粘土矿物,缓效钾的贮量及对钾的缓冲能力高于白沙泥,因此缓效钾含量比较稳定。(2)减少土壤中 K^+ 渗漏损失:模拟试验表明(表 10)在沙质土(白沙泥)上,渗漏损失钾量占施入钾的 11.2%,比粘

1) 胡笃敬, 1984: 发展生物钾肥,促进农业生产。湖南科普,总 47 期,7 页。

表 9 钾肥及生物钾肥对稻田土壤钾平衡的影响

Table 9 Effect of KCl and bio-K fertilizers on K balance in paddy soils

年份 Year	土壤 Soil	项目 Item	原土含量 Vs. initial level	CK 比原土 Vs. initial level	KCl		稻 草 Rice straw		水花生 <i>A. philoxeroides</i>	
					比原土 Vs. initial	比 CK Vs. ck	比原土 Vs. initial	比 CK Vs. ck	比原土 Vs. initial	比 CK Vs. ck,
1983 — 1984	白沙 泥	代换钾	42.5	+2.5	+45.8	+43.3	+20.0	+17.5	+28.3	+25.8
		缓效钾	97.6	-13.8	-27.3	-13.5	-15.8	-2.0	-16.8	-3.0
1982 — 1985	黄泥 田	代换钾	65.8	-16.6	-13.3	+3.3	-17.5	-0.9	-18.7	-2.1
		缓效钾	19.7	+6.6	+6.3	+3.2	+4.0	-2.6	+4.8	-1.8

注：单位：代换钾为 K ppm,缓效钾为 mg/100 克干土

表 10 生物钾肥对稻田中 K⁺ 的保蓄作用Table 10 Role of bio-K fertilizer in retention of K⁺ in paddy soils

土 壤 Soil	处 理 Treatment	渗漏损失量占施入 K% % of K lost through percolation to applied K				合 计 Total
		0—4 天 0—4 days	4—19 天 4—19 days	19—36 天 19—36 days	36—78 天 36—78 days	
白 沙 泥	KCl	2.10	4.38	2.80	1.92	11.2
	稻草	0.95	2.97	1.03	1.25	6.20
	脱钾草 KCl	1.40	3.52	0.09	1.19	6.20
黄 泥 田	KCl	0.58	1.35	1.42	0.35	3.70
	稻草	0.21	0.65	1.52	0.39	2.50
	脱钾草 KCl	0.02	0.85	1.13	0.11	2.11

质土(黄泥田)约大 3 倍。在垂直渗漏量为每日 1.2mm 高水柱时,以 KCl 为对照,在白沙泥上,稻草和脱钾草处理损失率相等,均比 KCl 处理减少钾损失 5%。黄泥田减少 1.2—1.6%。也曾有研究指出,增加土壤腐殖质,能增大 K⁺ 结合能,减少 K⁺ 随水流失和被土壤固定^[3]。

综上所述,在集约栽培制下,为了防止土壤钾的衰竭,应适当提高钾肥用量并配合利用生物钾肥,可扩大归还,减少损失,促进土壤钾的良性循环。

参 考 文 献

- [1] 莫淑勋, 1982: 几种作物对难溶性钾的吸收利用。土壤,第 6 期, 227—230 页
- [2] 张效朴, 1981: 江苏省沿江沙土区稻—稻—麦的钾素需求特征与土壤钾素平衡的研究。土壤肥料,第 4 期, 39 页。
- [3] 吕殿青, 1983: 土壤腐殖质对钾在土壤中结合能的影响。土壤通报,第 1 期, 25—26 页。
- [4] Mengel K., 1980: Principles of Plant Nutrition Inter. Inst. Worolauion Bern/Switzerland, p385.
- [5] Nagarajah, S. and Amarasiri, S. L., 1977: Use of organic materials as fertilizer for lowland rice in SRILANKA. Soil Organic Matter Studies. 1 p. 101—103, IAEA, VIENNA.
- [6] IPI Reseach Topics, 1976: Fertilizer Experiments the Need for Long-Tern Trials, p20—21.

THE ROLE OF BIOLOGICAL POTASH FERTILIZER IN PLANT NUTRITION AND POTASSIUM BALANCE OF SOIL

Shen Zhongqian, Guo Yuntao, Liu Liangxue and Cai Qingxiang
(*Institute of Soil and Fertilizer, Hubei Academy of Agricultural Sciences*)

Summary

The biological potash fertilizers (bio-K fertilizers) are the plants which can strongly absorb potassium from soil and accumulate K relatively high in its tissue. To investigate the mechanism of K-enriching capacity of bio-K fertilizer and its influence on crop yield, three typical plants—rice straw, sunflower (fresh plant) and *Alternanthera philoxeroides* (Mart) Griseb were used in pot and field experiments.

It was found that the yield increased significantly by applying the bio-K fertilizers to potassium deficient soils. The average percentage increased was $17.5 \pm 8.2\%$ for rice grain and 11.7% for lint cotton as compared with control. However, at equal amount of K level applied, there was no significant difference in yield among all treatments of potassium chloride and bio-K fertilizers, it indicates that the K-supplying capacity of bio-K fertilizers is similar to that of KCl. In the terms of absorption rate of nonexchangeable-K by plants tested, the capacity of K accumulation was high during its growing stage. Based on the total potassium absorbed, 68—76% of nonexchangeable-K was taken up by rice plant and 40—62% of that by sunflower (seedlings, 57 days). As to *Alternanthera philoxeroides*, the K^+ concentration both in higher and lower solution can be recovered by 97% and 71—90% respectively, it seems that the roots of *Alternanthera philoxeroides* have a strong affinity to K^+ .

The K^+ in soil could be maintained by organic matter supplied as bio-K fertilizers. As a result, the loss of K^+ from soil was decreased by 40%, this benefit was more markedly for sandy soils.

Data from long-term experiment for four years showed that the K in soil appeared to be somewhat depleted, as compared with its origin content, this unbalance is mainly due to the K removed by crops exceeding the K supply (90 kg K_2O /ha per year). However, the K consumed could be partly returned to soil by the use of bio-K fertilizers.