

# 长期施钾对作物增产及土壤钾素含量及形态的影响

陈 防 鲁剑巍 万运帆 刘冬碧 许幼生

(湖北省农业科学院土壤肥料研究所, 武汉 430064)

**摘 要** 本文以在油稻稻、麦稻和麦棉三种种植制度下进行的长期(10年)施钾田间定位试验的结果为依据,阐述了长期施钾对几种主要农作物增产及施肥效益的影响,对长期施钾后供试条件下土壤钾素含量及形态的变化进行了分析。

**关键词** 长期施钾,作物产量,土壤钾素含量及形态,影响

**中图分类号** S143.32

随着我国农业生产水平的不断提高和高产新品种的推广,钾素在农业生产中的作用日益突出,在许多地区,土壤缺钾已成为限制农业发展的主要因素之一。1989~1991年,湖北省农科院土壤肥料研究所对1121个耕作土样的速效钾含量的分析结果,其中小于67mg/kg的占31.8%,比1959年第一次土壤普查结果(耕作土壤速效钾含量小于67mg/kg的占13.2%)增加1.4倍。所以,耕作土壤生产力的提高,基础肥力的保持也将依赖于钾素的投入,今后农业生产中钾肥的使用将更加广泛。由于化学钾肥主要依靠进口,如何合理施用钾肥,提高钾肥利用率,长期施用化学钾肥后对作物和土壤钾素状况有何影响,就是我们目前面临的重要问题。

在研究土壤钾素释放方面,长期定位试验提供了观测土壤钾释放能力及其持久性的有利条件,从而有利于阐明长期施钾对土壤钾素含量及形态的影响,制定正确的钾肥施用计划。国内外关于肥料长期定位试验和长期施钾试验有不少的报道<sup>[1~7]</sup>,但在特定种植制下针对钾肥施用的问题进行长期定位田间试验的报道则少见。

自1986年开始,我们在油稻稻、麦稻和麦棉三种种植制度中进行了长期施钾对作物增产及土壤钾素状况影响的研究,本文报道的是其中部分研究结果。供试的作物及种植制度在湖北省及长江中下游地区具有广泛的代表性。统计资料表明,湖北省水稻播种面积约占粮食作物播种面积的49%,小麦约占26%;油菜播种面积约占经济作物播种面积的35%,棉花约占35.2%,是湖北省的主要粮食和经济作物。长期定位试验所采用的种植制度在湖北省有广泛的代表性,其中油稻稻面积约占水田三熟制面积的64.7%;麦稻面积占水田二熟制面积的45%;麦棉面积占旱地二熟制面积的32.3%。

# 1 材料与方方法

## 1.1 供试土壤

①花岗片麻岩风化物发育的麻砂泥田,因有潜育化过程,所以底土有青泥层,位于蕲春县向桥乡,属棕红壤地区。②第四纪粘土发育的白散泥田,位于荆门市后港镇,属湖北黄棕壤地区。③长江冲积物母质发育的灰潮土类之灰油沙土,位于江陵县李埠。

本研究中的土壤和植物分析均采用目前国内常用的常规方法<sup>[8,9]</sup>,其土壤的理化性质见表1。

表1表明,麻砂泥田和白散泥田均为微酸性土壤,灰油沙土为微碱性土壤,三个土壤中,土壤有机质和全氮含量以水田土壤麻砂泥田为最高,旱地土壤灰油沙土最低,全钾及速效钾含量以灰油沙土最高,麻砂泥田最低,缓效钾差别不大,从土壤农化性质可以看出母质及耕作方式对各种养分含量的影响。选田时我们在每种土壤上以土壤速效钾为指标,选择了一个低钾田块和一个速效钾和缓效钾含量稍高的中钾田块,以便进行不同含钾水平田块对施钾肥效果的对比。

## 1.2 供试作物

供试作物及种植制度:①油稻种植制(蕲春)中的油菜、早稻和晚稻。油菜品种为“中油821”。早稻品种:1986~1987年为早杂“威优35”,1988~1989年为“威优49”,1990年至今为“鄂早6号”,晚稻品种为“汕优63”。②麦稻种植制(荆门)中的小麦和中稻。小麦品种为“鄂恩1号(881)”。中稻品种1986~1987年为“691”,1988年为杂交稻“汕优桂33”,1989年至今为“汕优63”。③麦棉种植制(江陵)中的小麦和棉花。小麦品种为“鄂恩1号”。棉花品种1986~1989年为“鄂荆92”,1990年至今为“中棉12号”。

表1 供试土壤基本农化性质<sup>1)</sup>

Table 1 Agrochemical properties of soils used for field experiment

土壤 Soil	深度 Depth (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	全量养分 Total nutrient (g/kg)				速效养分 Rapidly available nutrient (mg/kg)			缓效钾 Slowly available K (mg/kg)	CEC cmol/kg	
			O.M.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P	K			
A 麻砂 泥田	低钾	0~15	6.1	27.5	1.70	1.20	11.6	172.3	6.70	46.5	427.4	17.58
		15~30	5.8	24.6	1.52	1.28	11.9	173.3	0.94	45.0	438.2	18.35
	中钾	0~15	6.1	21.0	1.54	1.44	13.4	168.7	15.78	53.3	538.3	14.70
		15~30	6.2	24.1	1.55	1.23	13.0	165.2	14.20	60.0	569.1	13.86
B 白散 泥田	低钾	0~15	5.6	20.6	1.19	0.97	16.5	116.2	8.26	70.0	425.8	16.09
		15~30	6.4	16.3	0.95	0.76	15.5	85.1	6.48	53.3	271.6	—
	中钾	0~15	5.8	23.9	1.28	0.65	15.7	116.2	7.67	78.3	329.9	18.71
		15~30	7.3	19.5	1.18	0.65	15.7	148.5	5.90	48.3	309.9	—
C 灰油 沙土	低钾	0~20	7.9	12.2	0.81	1.42	19.0	51.0	6.01	75.5	558.2	—
	中钾	0~20	7.9	17.2	1.07	1.47	24.4	88.7	8.0	114.1	460.8	—

1) 取样时间为1986年。

## 1.3 试验设计

试验处理及肥料用量见表2。氮肥品种为尿素,用于基施和追施,磷钾肥全部基施,其中磷肥为过磷

酸钙,钾肥为氯化钾。自1986年以来,连续种植,每季收取作物产量,取植株和土壤样品分析化验。小区面积20~33.4m<sup>2</sup>,区组随机排列,重复三次。

表2 长期钾肥田间定位试验处理

Table 2 Treatments of the long term field experiments

处理 Treatment	早稻 Early rice	晚稻 Late rice	油菜 Rape-seed	中稻 Mid-rice	小麦 Wheat	棉花 Cotton	小麦 Wheat
	麻砂泥田		白散泥田		灰油沙土		
1	N <sub>6</sub> P <sub>4</sub>	N <sub>10</sub> P <sub>3</sub>	N <sub>12</sub> P <sub>6</sub>	N <sub>10</sub> P <sub>4</sub>	N <sub>7</sub> P <sub>3</sub>	N <sub>11</sub> P <sub>4</sub>	N <sub>6</sub> P <sub>4</sub>
2	N <sub>6</sub> P <sub>4</sub>	N <sub>10</sub> P <sub>3</sub>	N <sub>12</sub> P <sub>6</sub> K <sub>5</sub>	N <sub>10</sub> P <sub>4</sub>	N <sub>7</sub> P <sub>3</sub> K <sub>5</sub>	N <sub>11</sub> P <sub>4</sub>	N <sub>6</sub> P <sub>4</sub> K <sub>5</sub>
3	N <sub>6</sub> P <sub>4</sub>	N <sub>10</sub> P <sub>3</sub> K <sub>5</sub>	N <sub>12</sub> P <sub>6</sub>	N <sub>10</sub> P <sub>4</sub> K <sub>5</sub>	N <sub>7</sub> P <sub>3</sub>	N <sub>11</sub> P <sub>4</sub> K <sub>5</sub>	N <sub>6</sub> P <sub>4</sub>
4	N <sub>6</sub> P <sub>4</sub> K <sub>5</sub>	N <sub>10</sub> P <sub>3</sub>	N <sub>12</sub> P <sub>6</sub>	N <sub>10</sub> P <sub>4</sub> K <sub>5</sub>	N <sub>7</sub> P <sub>3</sub> K <sub>5</sub>	N <sub>11</sub> P <sub>4</sub> K <sub>5</sub>	N <sub>6</sub> P <sub>4</sub> K <sub>5</sub>
5	N <sub>6</sub> P <sub>4</sub>	N <sub>10</sub> P <sub>3</sub> K <sub>5</sub>	N <sub>12</sub> P <sub>6</sub> K <sub>5</sub>				
6	N <sub>6</sub> P <sub>4</sub> K <sub>5</sub>	N <sub>10</sub> P <sub>3</sub> K <sub>5</sub>	N <sub>12</sub> P <sub>6</sub>				
7	N <sub>6</sub> P <sub>4</sub> K <sub>5</sub>	N <sub>10</sub> P <sub>3</sub> K <sub>5</sub>	N <sub>12</sub> P <sub>6</sub> K <sub>5</sub>				

注:表中N=N, P=P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K=K<sub>2</sub>O,用量单位为kg/667m<sup>2</sup>。

## 2 试验结果

### 2.1 三熟制

长期施钾试验结果(表3)表明:早稻、晚稻和油菜三种作物当季施钾肥都有显著的增产效果,其中以油菜增产最显著,低钾田平均每季增产62.8%,中钾田平均每季增产29.4%;晚稻次之,相应为25.1%和7.8%;早稻最小,平均为16.4%和8.7%。从10年来作物年平均总产看,顺序是第三季施钾 > 第二季施钾 > 第一季施钾 > 不施钾,表明钾肥对各种作物均有增产作用。在一季施钾的处理中(处理2,3,4),低钾田施钾增产稻谷总量是晚稻(1322.1kg/hm<sup>2</sup>) > 油菜(1247.3kg/hm<sup>2</sup>) > 早稻(1143.4kg/hm<sup>2</sup>);中钾田施钾增产总量是油菜(938.5kg/hm<sup>2</sup>) > 晚稻(623.2kg/hm<sup>2</sup>) > 早稻(490.0kg/hm<sup>2</sup>)。第二季施钾处理中(处理5、6),在低钾田和中钾田上都是油菜和晚稻施钾好于早稻和晚稻施钾。从施钾的后效来看,各季施钾均有一定后效(后作增产2.5%~25.3%),其中以晚稻施钾的后效最大,后季油菜低钾田增产25.3%,中钾田增产10.4%;早稻次之,后季的晚稻低钾田增产8.7%,中钾田增产2.5%;油菜施钾后效较小,后季早稻低钾田平均增产6.9%,中钾田增产5.1%。在第二季施钾处理中,晚稻和油菜施钾对早稻增产的后效为5.2%(中钾田)与9.9%(低钾田),不如早稻和晚稻施钾对油菜增产的后效大(中钾田增14.2%,低钾田增30.8%)。

从施钾的效益来看,每kgK<sub>2</sub>O增产的稻谷以第一季施钾最多,第二季次之,第三季最少。但即使第三季施钾的效益相对较低,每kgK<sub>2</sub>O增产稻谷在中钾田上仍可达8.5kg,在低钾田上可达17kg,还是划算的,而且品质的改善还未计算在内。单季施钾效益以油菜最好,晚稻次之;第二季施钾效益以晚稻和油菜施钾较好。

从以上分析可以看到,如条件许可,推荐每季都施75kg/hm<sup>2</sup>以上的钾肥(K<sub>2</sub>O)。反之应优先施在油菜和晚稻上。比较两种钾素肥力的土壤可以看出,低钾田施钾后无论是单位面

积增产量,增产百分率,还是增产效益均高于中钾田。虽然低钾田的基础产量低于中钾田,但增施钾肥后,产量可以达到甚至超过中钾田的相同处理,因此低钾田应优先施用钾肥。

表3 油稻稻三熟制施钾增产及其效益(1986~1996)

Table 3 Yield and economic efficiency of K application on rice-rice-rapeseed cropping system (1986~1996)

土壤 Soil	处理 Treatment	年均产量 Average annual yield (kg/hm <sup>2</sup> )				增 产 Yield increase		钾肥效益 Efficiency of K fertilizer (K <sub>2</sub> O kg/kg)
		早稻 Early rice	晚稻 Late rice	油菜 Rape-seed	总产 <sup>1)</sup> Total yield	kg/hm <sup>2</sup>	%	
低钾田	1	5171.0 d	5044.6 c	624.0 d	12212.4	—	—	—
	2	5527.5 c	5248.8 c	1016.0 a	14027.5	1815.1	14.9	24.2
	3	5250.7 d	6308.9 a	781.8 c	14061.3	1848.9	15.1	24.7
	4	6019.0 b	5481.0 b	718.5 cd	13799.2	1586.8	13.0	21.2
	5	5683.5 c	6301.1 a	1003.1 ab	15194.5	2982.1	24.4	19.9
	6	6098.6 b	6314.5 a	816.2 bc	15024.9	2812.5	23.0	18.7
	7	6361.2 a	6433.6 a	1024.2 a	16072.2	3859.8	31.6	17.2
中钾田	1	5056.2 d	6059.4 c	1022.3 c	14386.9	—	—	—
	2	5316.3 b	6244.7 b	1323.0 a	15794.6	1407.7	9.78	18.8
	3	5180.3 c	6530.9 a	1128.3 b	15321.8	934.9	6.50	12.5
	4	5497.7 a	6209.9 b	1067.0 c	15122.0	735.1	5.11	9.80
	5	5320.8 b	6524.9 a	1292.3 a	15981.1	1594.2	11.1	10.6
	6	5483.3 a	6450.9 a	1167.9 b	15671.5	1284.6	8.93	8.56
	7	5556.8 a	6569.7 a	1305.2 a	16303.1	1916.2	13.3	8.52

1) 油菜折算为稻谷后计算,折算办法为1kg油菜=3.2kg稻谷。总产为年均产量总和,表4、表5同。产量显著性分析用LSD法,下同。

## 2.2 二熟制

试验结果(表4)表明:中稻和小麦当季施钾均有显著增产效果,其中中稻施钾处理总产平均增产8.79%(中钾田)与10.9%(低钾田),小麦施钾处理增产11.3%(中钾田)与11.1%(低钾田),小麦施钾效果好于中稻。其它情况,如施钾次数、后效、效益及钾肥优先施用的土壤等与三熟制有相似趋势,不再作详细阐述。

棉花和小麦两种作物当季施钾都有显著的增产效果(表5),且棉花施钾的增产率大于小麦施钾,说明棉花对钾更敏感,因棉花属喜钾作物、具有需钾多的特性。所以,施化学钾肥时应优先施在棉花作物上。尤其是在低钾田上植棉,不仅需要施钾,而且施钾量还要提高,才能满足高产需求。

比较三种不同种植制可以看出,施钾以油菜增产率最大,早、中稻的增产率较小。施钾效益和增产的稻谷的量,有油稻稻种植制 > 麦稻种植制 > 麦棉种植制的趋势。从施钾后效看,以晚稻施钾对油菜的后效最大,以小麦施钾对后茬棉花的后效最小。在水旱轮作制中(油稻稻和麦稻种植制),早作的施钾效果好于水稻。这些结果对湖北省钾肥的合理分配,施用具有重要的指导意义。

表4 麦稻二熟制施钾增产及其效益(1986~1996)

Table 4 Yield and economic efficiency of K application on wheat-rice cropping system (1986~1996)

土壤 Soil	处理 Treatment	年均产量 Average annual yield (kg/hm <sup>2</sup> )			增 产 Yield increase kg/hm <sup>2</sup> %		钾肥效益 Efficiency of K fertilizer (K <sub>2</sub> O kg/kg)
		中稻 Mid-rice	小麦 Wheat	总产 <sup>1)</sup> Total yield			
低钾田	1	5778.7 d	2241.0 c	8960.9	—	—	—
	2	6083.9 c	2728.6 a	9958.5	997.6	11.1	13.3
	3	6421.1 b	2474.7 b	9935.2	974.3	10.9	13.0
	4	6711.0 a	2878.9 a	10799.1	1838.2	20.5	12.3
中钾田	1	6123.8 d	2112.0 b	9122.9	—	—	—
	2	6388.1 c	2654.0 a	10156.7	1033.8	11.3	13.8
	3	6667.4 b	2294.0 b	9924.8	801.9	8.79	10.7
	4	6915.3 a	2819.9 a	10919.5	1796.6	19.7	12.0

1) 总产以稻谷计, 1kg小麦=1.42kg稻谷。

表5 麦棉二熟制施钾增产及其效益(1986~1996)

Table 5 Yield and economic efficiency of K application on wheat-cotton cropping system (1986~1996)

土壤 Soil	处理 Treatment	年均产量 Average annual yield (kg/hm <sup>2</sup> )			增 产 Yield increase kg/hm <sup>2</sup> %		钾肥效益 Efficiency of K fertilizer (K <sub>2</sub> O kg/kg)
		棉花 Cotton	小麦 Wheat	总产 <sup>1)</sup> Total yield			
低钾田	1	916.4 d	1462.7 b	11241.0	—	—	—
	2	948.8 c	1601.0 a	11761.4	520.4	4.63	6.94
	3	1024.7 b	1514.9 b	12398.2	1157.1	10.3	17.1
	4	1057.4 a	1658.1 a	12928.5	1687.5	15.0	11.8
中钾田	1	1101.3 c	1602.8 c	13289.0	—	—	—
	2	1141.5 b	1746.8 ab	13895.5	606.5	4.56	8.09
	3	1242.0 a	1683.6 b	14810.7	1521.8	11.5	20.3
	4	1254.3 a	1781.0 a	15071.9	1783.0	13.4	11.9

1) 总产以稻谷计, 1kg小麦=1.42kg稻谷, 1kg皮棉=10kg稻谷。

### 3 长期施钾对土壤钾素含量及形态的影响

#### 3.1 钾素含量的变化

近10年来供试土壤缓效钾和土壤速效钾素含量呈下降趋势。总的趋势是施钾处理小于不施钾处理, 多季施钾处理小于单季施钾处理, 麻砂泥田小于灰油沙土和白散泥田。麻砂泥田下降最少, 其中中钾田速效钾基本持平, 白散泥田最大(表6, 7, 8), 这与土壤本身的供钾能力有关。因此, 为了保持土壤钾素肥力, 进一步普及钾肥的施用, 提倡每季作物施钾是必要的。

在两种水旱轮作制中, 麦稻二熟制下的白散泥田速效钾含量 1995 年比 10 年前的 1986 年下降的幅度大于麻沙泥田, 但其缓效钾下降的幅度又小于麻沙泥田。产生这种现象的原因可能是白散泥田的粘粒含量较麻沙泥田高, 土壤钾素的缓冲容量较大, 供钾能力较强, 其速效钾下降的幅度大也说明可供的有效钾较多, 而麻沙泥田由于土壤钾素缓冲容量较小, 复种指数高, 作物带走的土壤钾较多, 速效钾含量从试验开始时就很低, 已接近土壤速效钾含量的“最低水平值”, 因此, 其钾素的消耗主要来自缓效钾的释放。

表6 油稻三熟制土壤缓效和速效钾素含量变化

Table 6 The variation of soil K content on rice-rice-rapeseed cropping system

土壤 Soil	处理 Treatment	缓效钾 (mg/kg) Slowly available K (mg/kg)			速效钾 (mg/kg) Rapidly available K (mg/kg)		
		1986	1990	1995	1986	1990	1995
		<hr/>					
低钾田	1	427.4	395.0	217.8	46.5	21.7	42.3
	2		432.5	266.4		30.0	40.4
	3		415.0	235.1		18.3	38.4
	4		405.8	225.1		35.8	38.4
	5		388.3	274.5		28.3	42.3
	6		352.5	231.8		51.7	43.0
	7		379.1	243.1		33.3	43.7
<hr/>							
中钾田	1	538.3	585.8	369.3	53.3	55.8	54.2
	2		564.9	373.3		60.0	56.9
	3		549.1	395.4		59.2	58.2
	4		579.9	337.9		53.3	55.6
	5		533.3	374.7		58.3	58.9
	6		599.9	381.3		66.7	58.9
	7		835.8	407.4		55.8	56.2

表7 麦稻二熟制土壤缓效钾和速效钾素含量变化

Table 7 The variation of soil K content on wheat-rice cropping system

土壤 Soil	处理 Treatment	缓效钾 (mg/kg) Slowly available K (mg/kg)			速效钾 (mg/kg) Rapidly available K (mg/kg)		
		1986	1990	1995	1986	1990	1995
		<hr/>					
低钾田	1	425.8	300.8	307.4	69.9	69.9	62.8
	2		329.1	290.0		54.2	63.5
	3		326.6	282.6		56.7	60.9
	4		330.0	292.1		53.3	68.1
<hr/>							
中钾田	1	329.9	312.5	313.2	78.3	58.3	47.0
	2		272.5	334.6		44.2	55.6
	3		338.4	307.8		53.3	49.0
	4		352.5	354.7		64.2	68.8

表8 麦棉二熟制土壤缓效和速效钾素含量变化

Table 8 The variation of soil K content on wheat-cotton cropping system

土壤 Soil	处理 Treatment	缓效钾			速效钾		
		Slowly available K (mg/kg)			Rapidly available K (mg/kg)		
		1986	1990	1995	1986	1990	1995
低钾田	1	558.2	322.7	366.8	75.5	80.1	70.0
	2		397.1	336.1		75.2	74.1
	3		348.4	373.0		92.6	107.2
	4		344.8	385.9		123.9	124.4
中钾田	1	460.8	382.3	349.9	114.2	135.1	123.7
	2		389.8	408.7		193.6	134.9
	3		342.0	394.8		161.6	145.5
	4		430.1	320.6		188.0	123.0

麦棉两熟旱作制下的灰油沙土,由于土壤钾素淋失量较少,与上述两种土壤相比,速效钾和缓效钾都比较高,表明这一土壤是三种土壤中供钾能力相对较高的类型。经过10年种植,除缓效钾明显下降外,速效钾则呈上升趋势,说明无钾处理作物吸收的钾主要来自缓效钾的释放,其释放速率和数量均可满足作物的需要,因此速效钾仍维持原有水平。至于施钾处理速效钾明显升高,又反映了该土壤固钾能力不强,从而使肥料中的部分钾仍以速效钾的形态存在。

### 3.2 钾素形态的变化

土壤中各种形态的钾素总是处于一种动态平衡之中,但是在耕作土壤上,由于人为的耕作和施肥,常常将这种平衡扰动,导致土壤中各种形态钾的转化,其转化速率与数量又与土壤本身的矿物特征、粘粒含量等因素有关,决定了土壤的供钾能力。经10年种植,各土壤的钾素形态发生不同的变化。

麻沙泥田土壤中的矿物钾在全钾中所占的比例上升,速效钾和缓效钾在全钾中的比例在下降,这说明低钾田供钾能力较差。10年来有效性钾的消耗较大,其耗钾的速度大于钾素补充的速度。与此同时,在中钾田上矿物钾含量比例呈下降趋势(不施钾处理),速效和缓效钾呈上升趋势,说明中钾田供钾潜力较大(表9)。

白散泥田速效和缓效钾含量在全钾中的比例有上升趋势,矿物态钾所占比例则是下降趋势,低钾和中钾土壤都是如此,这点与麻沙泥田有所不同,说明白散泥田供钾能力大于麻沙泥田。而灰油沙土虽然三种形态的钾所占比例有所变化,但不明显。

以上三种土壤上,经10年种植,施钾量多的处理其速效钾和缓效钾在全钾中所占比例有上升的趋势,说明多施的钾肥仍以这两种形态存在于土壤中,维持并提高了土壤的供钾能力。这个结果与我们在湖北省7种主要母质发育的水稻土上进行的长期施钾微区试验结果是一致的<sup>[10]</sup>。化学钾肥的施入以及土壤矿物钾的释放使土壤全钾中有效钾所占比例增大,有利于作物吸收。

### 3.3 土壤钾素的平衡问题

以上结果中,土壤钾素各形态的量及比例的变化小于作物产量变化,说明供试土壤的

表9 麻砂泥田不同形态土壤钾素比例变化(%)

Table 9 The variation of proportion of different soil K forms in loamy hydragic paddy soil (%)

土壤 Soil	处理 Treatment	1986年 (year)			1990年(year)			1995年(year)		
		速效钾 Rapidly available K	缓效钾 Slowly available K	矿物钾 Mineral K	速效钾 Slowly available K	缓效钾 Slowly available K	矿物钾 Mineral K	速效钾 Rapidly available K	缓效钾 Slowly available K	矿物钾 Mineral K
低钾田	1	0.94	3.50	95.56	0.19	3.48	96.33	0.30	2.59	97.11
	2	0.80	3.02	96.18	0.26	3.69	96.05	0.31	2.88	96.81
	3	0.87	3.13	96.00	0.16	3.65	96.19	0.29	2.69	97.02
	4	0.86	3.02	96.12	0.31	3.53	96.16	0.34	2.36	97.30
	5	0.75	2.86	96.39	0.24	3.33	96.43	0.36	2.58	97.06
	6	0.82	3.05	96.13	0.30	3.15	96.39	0.31	2.50	97.19
	7	1.06	2.94	96.00		3.41	96.29	0.33	2.40	97.27
中钾田	1	0.32	4.42	95.26	0.42	4.45	95.13	0.67	4.55	94.78
	2	0.30	4.72	94.98	0.46	4.32	95.22	0.61	3.98	95.41
	3	0.30	4.2	95.50	0.47	4.32	95.21	0.67	4.56	94.77
	4	0.35	5.39	94.26	0.39	4.21	95.40	0.55	3.37	96.08
	5	0.30	5.19	94.51	0.43	3.94	95.63	0.56	3.56	95.88
	6	0.31	4.28	95.41	0.50	4.54	94.96	0.55	3.55	95.90
	7	0.34	4.41	95.25	0.41	6.15	93.44	0.43	3.13	96.44

钾库有较大的容量,除非长时间的栽培或大量施用钾肥,否则即使是10年的不同施钾处理也难以使土壤钾素状况发生显著的变化。另外由于土壤钾素的迁移及作物的吸收,特别是施钾处理中作物对钾素的奢侈吸收,使不同施钾处理之间最后留在土壤的钾素总量差别缩小。表10结果表明,施钾处理,特别是当季作物施钾,其作物籽实和茎秆中钾素的含量明显增加,而且含钾量增加的幅度大大超过作物产量增加的幅度。例如表中第2处理为三季中油菜茬施钾,在此处理中油菜籽含钾11.5g/kg,茎秆含钾31.0g/kg,大大高于晚

表10 油稻稻种植制中不同作物植株平均含钾量<sup>1)</sup>(K<sub>2</sub>O%)Table 10 Average K content of plants on rice-rice-rapeseed cropping system (K<sub>2</sub>O%)

处理 Treatment	早稻 (Early rice)		晚稻 (Later rice)		油菜 (Rapeseed)	
	稻谷 (Grain)	稻草 (Straw)	稻谷 (Grain)	稻草 (Straw)	籽粒 (Grain)	秸秆 (Straw)
1	0.3760	1.6201	0.4095	1.1048	0.9919	0.6463
2	0.4289	1.8330	0.4274	1.3794	1.1506	3.0994
3	0.4214	1.9017	0.4385	2.0038	0.9912	0.7395
4	0.4580	2.3041	0.4318	1.4472	0.9422	0.5719
5	0.4286	1.6821	0.4263	2.1959	1.2195	2.1792
6	0.4229	1.9869	0.4643	1.9833	1.9885	0.9686
7	0.4673	2.3042	0.4242	2.4706	1.2529	2.1983

1) 5季的平均结果。



稻施钾(处理3)和早稻施钾(处理4)的植株含钾,加上当季油菜的生物产量较高,因此,由于增施钾肥带入土壤的钾素就又有相当部分被作物带出了土壤。又如,根据计算,处理1(对照)10年来每公顷总共投入了505.5kg  $K_2O$ (主要是水稻秧苗和油菜苗带入的钾素),作物带走了1851kg,实际亏损1345.5kg  $K_2O$ ;处理2(油菜施钾)10年来虽然投入了1180.5kg  $K_2O$ ,但作物带走了3138kg  $K_2O$ ,实际亏损1957.5kg  $K_2O$ 。所以,在麻砂泥田上每公顷每季施75kg  $K_2O$ 主要是维持了一个较高的产量水平,对土壤钾素肥力的影响不如对作物产量的影响那么明显。

### 参 考 文 献

1. 林葆、林继雄、李家康主编. 长期施肥的作物产量和土壤肥力变化. 北京:中国农业科技出版社,1996
2. 李贵华. 国外近百年来的长期肥料定位试验. 新疆农业科学,1990,(3):140~142
3. 周修冲、谭允阳、陈天生. 肥料长期定位试验初报. 土壤肥料,1984,(3):20~21
4. 沈善敏. 国外的长期肥料试验. 土壤通报,1985,15:2~4
5. Bhatti H M, Mohammad-Rashid, Nadeem M Y, Abdul-Rashid. Effect of potassium application on crop yield and soil potassium in long-term experiment. Technical Bulletin, National Fertilizer Development Center, 1989, 4:95~110
6. Van Diest A. Factors affecting the availability of potassium in soils. In Potassium Research Review and Trends. Proc. Collog. Int. Potash Inst., 1978, 11:75~99
7. 农业部科技司主编. 中国南方农业中的钾. 北京:农业出版社,1991
8. 南京农学院主编. 土壤农化分析. 北京:农业出版社,1980. 79~94
9. 中国土壤学会农业化学专业委员会编. 土壤农业化学常规分析方法. 北京:科学出版社,1984
10. 陈防,鲁剑巍,万运帆. 长期施钾与土壤养分平衡的关系初探. 华中农业大学学报,增刊总第22期,1996,176~181

## EFFECT OF LONG TERM POTASSIUM APPLICATION ON SOIL POTASSIUM CONTENT AND FORMS

Chen Fang Lu Jian-wei Wan Yun-fan Liu Dong-bi Xu You-sheng

(Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064)

### Summary

Based on the results of long-term (10 years) field experiments of potassium (K) application under three cropping systems including rape seed-early rice-later rice, middle rice-wheat, cotton-wheat in Hubei Province, the effect of long-term K application on the yields and profits of the crops is indicated in this paper. The influence of long-term K application on K contents and status in soil is also discussed.

**Key words** Long-term potassium application, Crop yield, Soil K contents and status