

河南主要土壤钾肥施用量的估算*

焦 有 李贵宝 王 英

(河南省农业科学院土壤肥料研究所 郑州 450002)

摘 要

本文提出了估算钾肥用量的吸附直线法。由于求出的推荐施肥量因土壤类型不同,差异较大,又经田间试验,确定了砂质潮土、砂姜黑土和黄棕壤宜采用推荐施肥量的下限;水稻土以采用上限为宜;而壤质潮土和粘质潮土可根据投资能力及钾肥的供求状况选取上限或下限。

关键词 吸附直线法;估算;推荐施肥量

随着对农作物施用氮、磷化肥的增加,作物产量不断提高,收获物从土壤中带走的钾量亦逐步增加。当前,河南几种主要土壤都不同程度地缺钾,农田施钾已逐步得到认识。如何因土壤、作物不同而确定钾肥施用量,并进而寻求最大收益,已显得十分重要。本文就此问题作一初步探讨。

1 材料与方法

1.1 样品采集

选择河南8个主要类型土壤,利用多点取样法,从每一点采集耕层(0-20cm)土壤1kg,风干,过2mm筛,待分析。

1.2 实验室化学分析

实验室化学分析中,土壤全氮、全磷、全钾采用常规分析法⁽¹⁾。其余项目均按照美国国际农化服务中心(Agro Services International Inc)提供的方法进行⁽²⁾,其中pH的测定:取10ml土样(国际农化服务中心提供的方法中,均用土壤体积计,下同。),加25ml水,搅拌10分钟,放置30分钟,用pH电极测定;有机质:0.2molL⁻¹NaOH—0.01molL⁻¹EDTA—20mlL⁻¹CH₃OH浸提,标准曲线法;铵态氮:1molL⁻¹的KCl浸提,比色法;速效性磷、钾的测定:0.25molL⁻¹NaHCO₃—0.01molL⁻¹EDTA—0.01molL⁻¹NH₄F浸提,比色法测磷,原子吸收法测钾;阳离子交换量为速效性钾与1molL⁻¹的KCl浸提的钙、镁、钠之和。这些浸提方法有多年实验室和田间试验的基础,能够较好的反映土壤速效养分供应情况,已经研究确定了各种营养元素的临界值范围,在不少国家成功的应用过⁽³⁾。

1.3 吸附实验

分别在6个含2.5ml土壤的容器中加入2.5ml溶液,使6个杯中加入的钾量分别为0、0.65、1.3、2.6、5.2、10.4K mmolL⁻¹土,将容器轻旋,使土—液充分混合,置于无尘室,在自然条件下风干(一般需要3—6天),在短时间内模拟田间条件下钾与土壤组分从水分饱

* 本文是在加拿大钾磷研究所(PPIC)北京办事处的资助和指导下完成的,特此致谢。

和到风干过程中的各种反应, 用与原始土样的实验室化学分析方法相同的浸提液浸提土壤, 测定土壤中钾的可浸提量^[3,4]。

1.4 田间试验

根据室内吸附实验的分析结果, 分别在 8 种土上设置了施钾与不施钾处理 2-3 个。钾肥用量依据吸附实验求出的推荐施肥量。其它养分元素均根据室内分析结果补足。供试作物为小麦、玉米、花生、大豆和水稻。选用当地高产良种。小区面积 20-30m², 重复 3 次。

2 结果与分析

2.1 土壤的基本性状

供试土壤的理化性质列于表 1。从中可以看出, 河南 8 种主要土壤理化性质差异较大。如阳离子交换量为 8.26-26.1cmol(+)L⁻¹ 土, pH 5.9-8.4, 有机质含量为 3.4-9.0gkg⁻¹, 全氮含量为 0.34-1.01gkg⁻¹, 全磷含量为 0.34-0.62gkg⁻¹, 全钾含量为 16.4-22.8gkg⁻¹。速效性养分含量差别亦大。因此决定了各土壤施肥量上的较大差异。

表 1 供试土壤的理化性质

土壤类型	采样地点	阳离子 交换量 cmol(+)L ⁻¹	pH (H ₂ O)	有机质	全氮	全磷(P)	全钾(K)	铵态氮	速效磷(P)	速效钾(K)		
				—— (gkg ⁻¹) ——						—— (μgml ⁻¹) ——		
砂质潮土	开封	8.64	8.4	3.4	0.34	0.35	16.4	16.7	11.0	50.7		
壤质潮土	虞城	—	8.2	4.2	0.69	0.59	19.3	13.8	19.0	79.6		
粘质潮土	浚县	—	8.3	5.3	0.78	0.62	21.0	9.0	10.5	97.9		
砂姜黑土	商水	26.1	7.1	9.0	0.83	0.44	20.8	15.1	5.2	110.4		
水稻土	信阳	8.26	6.1	8.0	1.01	0.37	17.0	26.9	16.3	56.9		
褐土	洛阳	21.3	8.0	5.0	0.81	0.58	18.6	22.0	17.1	95.7		
黄棕壤	确山	12.0	5.9	5.0	0.68	0.34	17.8	23.1	10.2	71.4		
黄褐土	南阳	21.0	7.4	7.0	0.70	0.62	22.8	23.1	24.9	105.7		

2.2 土壤对钾的吸附

通过模拟田间条件下, 土壤由饱和到风干的吸附实验所得结果列于表 2, 用线性回归拟合加入钾量(x)与提取钾量(y)的关系, 相关系数(r)在 0.989^{**}—0.999^{**}之间, 均达极显著水

表 2 土壤对钾的吸附状况及推荐施钾量

土壤类型	加入钾量(x,mmolL ⁻¹ 土)						回归方程 y=a+bx			当 y=3 时 x 值	当 y=4 时 x 值	推荐施肥量 (K ₂ O) (kg / hm ²)
	0	0.65	1.3	2.6	5.2	10.4						
	提取钾量(y, mmolL ⁻¹ 土)						a	b	r	(mmolL ⁻¹ 土)		
砂质潮土	1.30	1.80	2.20	3.20	4.60	7.00	1.523	0.544	0.995	2.72	4.55	108—181
壤质潮土	2.02	2.16	2.50	3.03	3.93	6.40	1.923	0.422	0.998	2.55	4.92	101—196
粘质潮土	2.29	2.53	2.69	3.10	3.75	5.24	2.327	0.280	0.999	2.40	5.98	95—238
砂姜黑土	2.45	2.64	3.02	3.23	3.70	4.82	2.577	0.218	0.993	1.93	6.51	77—259
水稻土	1.32	1.75	2.00	2.70	3.95	6.24	1.416	0.470	0.999	3.37	5.50	134—218
褐土	2.50	2.60	2.60	3.30	4.10	6.00	2.351	0.347	0.996	1.87	4.75	74—189
黄棕壤	2.04	2.34	2.56	3.18	4.00	5.15	2.211	0.298	0.989	2.65	6.00	105—238
黄褐土	2.43	2.54	2.76	3.19	3.91	5.13	2.432	0.265	0.998	2.14	5.92	85—235

n=6; d_f=4; r_{0.01}=0.917

平,说明吸附特征及有关参数可供讨论。回归方程中 a 值即土壤钾的本底含量, b 值为斜率。 a 值越大,在低产条件下,施肥量亦越小, b 值越大,表明土壤对钾的吸附越弱,反之则越强。

从表 2 可以看出:1-4 四种土壤在钾的加入量为 0 时,浸提量分别为砂质潮土 < 壤质潮土 < 粘质潮土 < 砂姜黑土,而斜率则呈完全相反的趋势。这可能与土壤的粘粒、有机质含量及粘土矿物的类型、含量有关。而 5-8 四种土壤各吸附直线的斜率以水稻土 > 褐土 > 黄棕壤 > 黄褐土。说明在土壤中加入同量钾时,可浸提的钾量明显不一样。

2.3 推荐施钾量

根据以往的经验及大田施肥实践,作物高产需要土壤钾的浸提量一般在 $3-4\text{mmol L}^{-1}$ 土,其对应的加入量因土壤类型不同,各土壤对钾吸附的差异则有较大变化(表 2)。当浸提量为 3mmol L^{-1} 土时,加入量变化范围在 $1.87-3.37\text{mmol L}^{-1}$ 土。当浸提量为 4mmol L^{-1} 土时,加入量变化范围在 $4.55-6.51\text{mmol L}^{-1}$ 土。根据求出的各土壤相应加入量,按如下公式确定田间施肥量:

$$\text{施肥量}(\text{K}_2\text{O}, \text{kg}/\text{hm}^2) = \text{加入量} \times (\text{每公顷土重}/\text{土粒密度}) \times 39 \times 1.2 \times 10^{-6}$$

式中:加入量单位为 mmol L^{-1} ; 每公顷土重为 225 万公斤; 土粒密度为经验常数,取 2.65kg L^{-1} ; 39 为钾的原子量; 1.2 为 K 与 K_2O 换算常数。施肥量计算结果表明(表 2):不同土壤推荐施肥量的下限范围在 $74-134 \text{K}_2\text{O kg}/\text{hm}^2$, 以褐土最小,水稻土最大。上限范围在 $181-259 \text{K}_2\text{O kg}/\text{hm}^2$, 以砂质潮土最小,砂姜黑土最大。各土壤的上、下限范围以砂质潮土最小,为 $108-181 \text{K}_2\text{O kg}/\text{hm}^2$, 砂姜黑土范围最大,为 $77-259 \text{K}_2\text{O kg}/\text{hm}^2$, 这是因为砂质潮土回归方程中的 b 值(0.544)最大即吸附直线斜率最大,而砂姜黑土的 b 值(0.218)最小即吸附直线斜率最小所致。在施肥实践中,应特别注意确定 b 值小的土壤施钾量,因施肥量变幅范围较大,若确定不当,就难以得到较好的投资回报。而 b 值大的土壤则不同,施肥量的变化能显著引起土壤可供钾量的变化,从而显著提高产量。

2.4 田间试验

为了验证吸附直线法求得的推荐施肥量是否正确,布置了 8 种土壤的田间试验。试验结果(表 3)表明:1. 砂质潮土上施钾比不施钾的处理,小麦、花生分别增产 7.9% 和 11.7%,说明选择接近推荐施肥量下限的 $112.5\text{kg}/\text{hm}^2$ 较为适宜。2. 壤质潮土上花生施 $\text{K}_2\text{O } 90\text{kg}/\text{hm}^2$ 比不施钾的增产 15.2%,差异达极显著水平,而施 $180\text{kg}/\text{hm}^2$ 的,增产达 51.5%。且与低钾之间差异亦达极显著水平,故在推荐施钾时,可根据投资能力和钾肥供应情况确定选用施肥量下限或上限。3. 粘质潮土上玉米施 $\text{K}_2\text{O } 112.5\text{kg}/\text{hm}^2$ 比不施钾增产 7.6%,差异达显著水平,施 $225\text{kg}/\text{hm}^2$ 增产 15.9%,与低钾相比亦达极显著差异。因此,选取接近推荐施肥上限或下限均可。4. 砂姜黑土上,两个施钾处理小麦增产分别为 17.3% 和 19.5%,大豆增产分别为 28.8% 和 42.2%,均与不施钾处理有显著差异。然而高钾与低钾处理尽管施钾量增加 1 倍,但产量差异不明显,故选施肥量以接近下限的 $112.5\text{kg}/\text{hm}^2$ 为宜。5. 水稻土,低钾处理与不施钾相比水稻产量差异不明显,而高钾处理的增产 10.7%,比不施钾处理产量差异显著,故宜选择接近推荐上限的施肥量。6. 褐土上小麦—玉米轮作,磷肥于麦播前一次施入,玉米利用其后效。两种作物施钾比不施钾分别增产 5.9% 和 2.1%,尽管产量增加不多,但因重复间差异较小,故 $\text{LSD}_{(0.05)}$ 值也小,统计差异仍达显著水平。因此,小麦选择接近推荐施钾量上限的 $150\text{kg}/\text{hm}^2$ 能取得一定增产效果,若

要再增产, 施钾量似应再提高。玉米仅增产 2.1%, 玉米上也应进一步通过试验再增加施钾量。7. 黄棕壤上小麦—大豆轮作, 两种作物施钾比不施钾分别增产 16.8% 和 12.4%, 差异显著。因此, 选择接近推荐施钾量下限的 $112.5\text{kg}/\text{hm}^2$ 能获得较大的经济收益。8. 黄褐土上, 低钾处理与不施钾小麦产量几乎无差异, 而高钾处理也仅略比对照增产 2.8%, 虽然统计达显著水平, 但说明黄褐土并不缺钾, 因而即使在推荐施钾量上限, 也无增产效果, 建议在此类土壤上应继续更进一步进行试验才能确定。

表 3 钾 肥 的 增 产 效 应 (田间试验)

土壤类型	作物	施肥量(kg/hm^2)			产量 (kg/hm^2)	LSD (0.05)	施钾增产 (%)
		N	P_2O_5	K_2O			
砂质潮土	小麦	180	120	0	5080	—	—
		180	120	112.5	5480*	235.5	7.87
	花生	60	120	0	3858	—	—
		60	120	112.5	4308*	341.7	11.7
壤质潮土	花生	60	75	0	2400	—	—
		60	75	90	2765**	—	15.2
		60	75	180	3635**	117.7	51.5
粘质潮土	玉米	180	120	0	5520	—	—
		180	120	112.5	5940*	—	7.61
		180	120	225	6400**	311.7	15.9
砂姜黑土	小麦	180	120	0	4656	—	—
		180	120	112.5	5463*	—	17.3
		180	120	225	5566*	310.5	19.5
	大豆	60	120	0	2281	—	—
		60	120	112.5	2938*	—	28.8
		60	120	225	3244*	307.5	42.2
水稻土	水稻	180	90	0	6195	—	—
		180	90	112.5	6325	—	2.1
		180	90	225	6860*	279	10.7
褐 土	小麦	150	180	0	5907	—	—
		150	180	150	6258*	78.7	5.93
	玉米	225	0	0	6459	—	—
		225	0	150	6592*	45.6	2.06
黄棕壤	小麦	180	120	0	6567	—	—
		180	120	112.5	7667*	531.9	16.8
	大豆	60	120	0	3233	—	—
		60	120	112.5	3633*	305.1	12.4
黄褐土	小麦	150	150	0	5700	—	—
		150	150	112.5	5725	—	0.4
		150	150	225	5858*	144.0	2.8

注: 壤质潮土, * * $\text{LSD}_{(0.01)} = 248.6$; 粘质潮土, * * $\text{LSD}_{(0.01)} = 432.6$

3 小 结

3.1 用线性回归拟合土壤加入钾量与提取钾量的关系不仅简便而且直观。各土壤直线斜率以砂质潮土 > 水稻土 > 壤质潮土 > 褐土 > 黄棕壤 > 粘质潮土 > 黄褐土 > 砂姜黑土, 从而决

(下转第 36 页)

3.5 依靠科技进步, 提高土地生产力

(上接第 28 页)

3.2 潮土中, 质地越重, 推荐施肥量的下限越低而上限越高, 变化范围越大。黄棕壤与黄褐土施肥上限基本一致, 而下限因基础肥力不同而有较大差异。砂姜黑土与褐土施肥下限一致, 但上限差异很大。

3.3 砂质潮土、砂姜黑土和黄棕壤上分别种植小麦-花生、小麦-大豆，施钾量以 K_2O 112.5kg/hm² 为宜，接近推荐施肥量下限；水稻土上种植水稻，施钾量以 K_2O 225kg/hm² 为宜，接近推荐施肥量上限；褐土、黄褐土上钾肥用量应继续进行试验才能确定；壤质潮土、粘质潮土上种植花生、玉米，施钾量应以投资能力、钾肥供应情况选择推荐施肥量的上限或下限。

参考文献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所, 土壤理化分析, 上海科学技术出版社, 1978, 68-70, 103-104, 126-128.
- [2] Hunter, A.H., Laboratory and greenhouse techniques for nutrient survey to determine the soil amendments required for optimum plant growth. Mineograph. Agro Service International, Florida, USA. 1980.
- [3] 金继运, 土壤养分状况系统研究法及其应用初报, 土壤学报, 1995, 32(1): 84-90.
- [4] Sam Portch, 土壤养分状况的温网室调查方法, 土壤养分状况系统研究法, 中国农业科学出版社, 1992, 17-44.