

用电超滤(EUF)法测定水稻土钾素供应状况

刘雄德 王治荣 汪德成

(华中农学院) (湖北省农业测试中心)

本试验以湖北省十二种不同农化性状的水稻土为研究对象。在室内进行耗竭盆栽研究，并在大田设置了钾肥肥效试验，同时选取国内外采用的六种测定有效钾的化学法进行对比。试验表明，用电超滤法测定水稻土钾素供给状况是一种有效手段。

一、试验材料和方法

1. 供试水稻土样品采自湖北省各地，发育于不同母质(母岩)的十二种水稻土，其农化性状列于表1。

2. 钾肥肥效田间试验。分别设置N、NP、NPK三种处理，重复3或4次，随机区组排列。每小区面积为0.03亩。供试水稻品种为广陆矮四号、先锋一号、桂潮二号(中稻)。三种处理的施肥量(不施有机肥)如下。

N处理：每亩10斤N(碳铵、尿素)。

NP处理：每亩10斤N(碳铵、尿素)、6斤 P_2O_5 (过磷酸钙)。

NPK处理：每亩10斤N(碳铵、尿素)、6斤 P_2O_5 (过磷酸钙)、12斤 K_2O (氯化钾)。

氮肥2/3作基肥(碳铵)，1/3作分蘖肥或穗肥追施(尿素)。磷、钾均作基肥。

3. 水稻耗竭盆栽试验。供试水稻品种为广陆矮四号，设置NP(重复6次)、NPK(重复3次)处理，前者供每次耗竭盆栽试验完毕后测定土壤钾素动态之用。

每盆装风干土400克(过1毫米筛)，每盆肥料用量是：NP处理施用0.08克N，0.06克 P_2O_5 ，NPK处理增加0.08克 K_2O 。于5月6日播种，每盆45粒催芽种子。5月29日收获。

稻株全钾样品用湿法消化，火焰光度计测定，全钾数值扣除种子带入的钾量。

4. 电超滤(Electroultrafiltration)法**，简称EUF法。

称取风干土样5.00克(过1毫米筛)，仪器自动加入50毫升蒸馏水使成悬液进行电超滤分析，两电极在不同时间里自动改变外加电压：

0—5分钟，50伏，室温

5—30分钟，200伏，室温

30—35分钟，400伏，80℃

每隔5分钟取电超滤液分析一次(用火焰光度计测定)。在电超滤分析过程中，已将限流旋钮调至最大，在0—30分钟(50—200伏)间隔内，电超滤仪上电流最大读数仅为3—10毫安，少数可达14毫安，只有一次达到15毫安；在30—35分钟(400伏)间隔内，电流读数多数为10—40

* 田间试验的材料引自大冶、新洲、咸宁、枣阳和黄冈等县土肥站，五三农场农科所土肥室，荆州地区农业局土肥站等单位的钾肥协作试验。此外，参加本工作的还有王利元、严定彬和林其美同志。

** 电超滤仪系西德进口，Vocel 724型。

表1 供试水稻土的基肥本农业化性状

土号	土 壤	成 土 母 质	采样地点	质 地	pH (水1:1)	代换量/ (毫克/100克土)	有机质 (%)	全 氮 (N%)	全 磷 (P%)	全 钾 (K%)	速效磷 (ppm P)	速效钾 (ppm K)	缓效钾 (ppm K)
1	潮砂泥田	砂页岩河流冲积物	咸宁马桥	重壤	5.8	10.65	3.01	0.152	0.0466	1.43	7.6	62.5	132
2	黄砂泥田	砂页岩冲积物	咸宁杨桥	中壤	5.2	7.88	4.51	0.222	0.0368	1.15	6.5	46.3	75.7
3	白散土田	第四纪褐色粘土	枣阳十里铺	重壤	6.7	17.27	2.31	0.139	0.0257	1.69	4.2	91.7	316
4	岗地黄泥田	第四纪褐色粘土	枣阳十里铺	重壤	7.1	26.58	2.25	0.0985	0.0404	1.68	6.5	185	503
5	砂泥田	花岗片麻岩风化物	黄冈路口	中壤	5.9	12.29	3.70	0.149	0.0290	1.68	4.6	114	367
6	砂泥田	花岗片麻岩风化物	黄冈总路咀	中壤	6.5	9.90	5.12	0.188	0.100	2.00	28	60.0	1697
7	红黄泥田	第四纪红色粘土	大冶晏公	重壤	5.5	11.65	4.05	0.182	0.0485	1.24	12	154	141
8	强青隔红黄泥	第四纪红色粘土	大冶西坂	重壤	6.7	13.65	4.14	0.157	0.0389	1.08	6.4	93.0	26
9	白散泥	第四纪Q ₃ 冲积物	荆门五八大队	重壤	6.2	22.04	3.21	0.0989	0.0299	1.39	1.9	80.0	94
10	灰白泥	第四纪Q ₃ 冲积物	荆门裕桥	重壤	7.2	14.82	1.27	0.0670	0.0347	1.35	7.7	94.0	201
11	潮砂泥田	花岗片麻岩冲积物	新洲新港	重壤	5.7	10.24	2.96	0.150	0.0381	1.92	3.3	64.3	652
12	白蜡泥田	第四纪Q ₃ 冲积物	五三农新	中粘	7.5	23.79	1.99	0.117	0.0534	2.14	6.7	137	741

注：1. 质地：用吸管法，卡庆斯基分类法；

2. 速效磷：Olsen 法测定；

3. 速效钾：1N/醋酸液提取，火焰光度计测定；

4. 缓效钾：1N/硝酸热提取法(提取量减速效钾量为缓效钾量)；

其它方法均按常规分析。

毫安, 仅12号土开始为30毫安, 逐渐增至130毫安, 最后降至60毫安。

5. 供试选用的有效钾和缓效钾的化学测定法。

(1) 1N HNO₃热提取法^[1]: 2克土样, 加入1N HNO₃ 20毫升, 文火煮沸10分钟, 趁热过滤于100毫升量瓶中, 用热蒸馏水洗涤5—6次, 冷却后定容。

(2) 1N醋酸铵法^[1]: 5克土样, 加入50毫升1N中性醋酸铵溶液, 振荡15分钟后过滤。

(3) 1.4N硫酸水合热提取法^[2]: 10克土样于100毫升烧杯中, 加入25毫升蒸馏水, 摇动混合后, 加入1毫升浓硫酸, 再次摇匀, 放置30分钟后, 过滤于100毫升量瓶中, 每次用15毫升0.1N硫酸洗涤土样残物至100毫升体积。

(4) 0.5NHCl提取法^[3]: 5克土样, 加入25毫升0.5NHCl溶液, 振荡15分钟后过滤。

(5) 0.7NHCl提取法^[4]: 5克土样, 加入15毫升0.7NHCl溶液, 振荡2分钟过滤。

(6) 0.25N HCl—0.5N NH₄Cl提取法^[3]: 5克土样, 加入25毫升0.25N HCl—0.5N NH₄Cl溶液, 振荡15分钟过滤。

上述滤液均用火焰光度计测定钾量。

二、结果讨论

(一)水稻田间试验和耗竭盆栽的研究结果

1. 田间试验: 在12种水稻土上的田间试验结果(表2)表明, 施用钾肥能达到显著和极显著增产效果的为1、2、9、10、11号土, 其余没有明显的增产效果。

2. 耗竭盆栽试验: 试验结果(表3)表明, 在NP、NPK处理的水稻幼苗干物重中, NPK处理表现增重的为1、2号土; 表现减重的有10、12号土, 它们分别达到显著或极显著水准, 其它土样则没有明显差异。

NPK处理的稻株含钾百分数, 每盆吸钾量与NP处理的相比, 它们之间的差异是很悬殊的。如果将NP处理的按每盆稻株吸钾量小于27毫克为界限, 则1、2、3、8、9、10、11号水稻土是供钾能力较差的土壤。其中10号土的速度钾含量并不低(表1), 但所表现的供钾能力却较差, 这可能是由于试验中其他因素所造成。从相应水稻土的田间试验看, 除3号土产量较低外(8号土没有田间试验), 其余的增施钾肥都有增产趋势。

(二)电超滤(EUF)法测定结果

K. Németh认为^[5, 6], 用EUF法经0~10分钟解吸的钾量表示土壤溶液中钾的浓度(强度因素); 在10—35分钟所释放钾的总量相当于代换性钾量(容量因素); 在电压400伏, 于30—35分钟以内解吸的钾量(即CD值), 可用来说明生长季节中土壤溶液钾浓度可能降低的情况。CD值越大, 整个生长季节土壤溶液中钾的浓度也越高, 因此, 5—10分钟之间释放钾量(即AB值)与30—35分钟所解吸钾量的比值越大, 土壤对钾素固定能力越弱, 若AB/CD比值 ≥ 3 , 则土壤不固定钾。用EUF法测定土壤钾的结果(表4)表明, 供试水稻土均有一定的固钾能力, 其中以3、

表2 田间试验各处理产量(斤/亩)

土号	土 壤	试验处理		差 值 (NPK- NP)	NP产量 为NPK 的%
		NPK	NP		
1	潮砂泥田	916	842	74**	92
2	黄砂泥田	949	820	129***	86
3	白散土田	629	637	-8	101
4	岗地黄泥田	817	728	89	89
5	砂 泥 田	751	744	7	99
6	砂 泥 田	718	701	17	98
7	红黄泥田	704	690	14	98
9	白 散 泥	950	839	111**	88
10	灰 白 泥	867	772	95**	89
11	潮砂泥田	656	594	62*	91
12	白 蜡 泥 田	825	836	-11	101

* $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$

4、10、12号土最大，1、2、7、11号土固钾能力较小。

从表4中还可看出，供试水稻土的EUF强度加容量(I+Q)值最大的是7号土(125ppm K)。西德Buntehof 试验站的结果认为，小麦和水稻要获得高产时，土壤的EUF (I+Q) 值须达到100ppm，因此，表4中其它水稻土的EUF(I+Q)值与此相差尚远。S. Wanasuria等〔7〕于菲律宾的钾肥田间试验研究认为，只有当整田时用EUF法测得土壤钾量大于30ppm时，才能得到较高的谷物产量，尽管我们的供试土壤性状与其不相一致，但此数值看来还可供借鉴。

我们试用Cate和Nelson的临界值方法，从供试土样测定的EUF (I+Q) 值与水稻相对产量

表3 水稻耗竭盆栽试验的产量和吸钾量

土号	土 壤	NP处 理			NPK处理			NPK与NP 干重差值 (克/盆)
		干 重 (克/盆)	含 钾 量 (K%)	吸 钾 量 (K毫克/盆)	干 重 (克/盆)	含 钾 量 (K%)	吸 钾 量 (K毫克/盆)	
1	潮砂泥田	2.91	0.671	16.3	3.91	1.53	56.6	1.00*
2	黄砂泥田	1.95	0.725	10.9	3.57	2.29	78.6	1.62**
3	白散土田	4.01	0.634	22.2	3.12	2.21	65.8	-0.89
4	岗地黄土田	3.13	1.23	35.3	2.57	2.55	62.3	-0.56
5	砂 泥 田	4.05	2.01	78.3	3.94	3.19	122	-0.11
6	砂 泥 田	4.22	0.739	28.0	4.01	3.11	124	-0.12
7	红黄泥田	4.21	1.22	48.3	4.25	2.16	88.6	0.04
8	强青隔红黄泥	3.68	0.782	25.6	3.40	2.82	92.7	-0.28
9	白 散 泥	3.57	0.847	27.0	3.67	2.06	72.4	0.10
10	灰 白 泥	3.20	0.761	21.2	2.56	2.60	63.4	-0.64**
11	潮砂泥田	3.07	0.577	14.5	3.42	1.90	42.8	0.35
12	白 瓣 泥	3.49	1.22	39.3	2.60	2.43	60.0	-0.89**

* P<0.05, ** P<0.01

表4 电超滤(EUF)法测定的土壤钾量(ppm K)

土号	0—10分钟, 50伏,200伏	10—35分钟, 200伏,400伏	0—35分钟 全 量	5—10分钟 (AB)	30—35分钟 (CD)	固 钾 能 力	
						AB/CD比值	固钾相对能力
1	13	30	43	9	13	0.69	++
2	7.7	10	18	6	7	0.86	++
3	3.0	26	29	3	18	0.17	++++
4	3.0	35	38	3	24	0.13	++++
5	19	54	73	12	23	0.52	+++
6	7.5	23	31	6	13	0.46	+++
7	40	85	125	28	35	0.80	++
8	17	41	58	11	21	0.52	+++
9	12	38	50	8	16	0.50	+++
10	10	42	52	6	21	0.29	++++
11	12	31	43	8	13	0.62	++
12	8	61	69	6	40	0.15	++++

百分率的比较分析，求出EUF(I+Q)的临界值为40ppm K(图1)。

此外，若将十二种供试水稻土EUF(I+Q)值与其用1%NH₄OAC法测得的数值进行相关统计分析，其相关系数(r)为0.672*。

值得注意的是，若将耗竭盆栽之前原土壤速效钾量与由于水稻消耗而使土壤速效钾达到一

个稳定的“最低水平值”时(在多次试验中,只需一次耗竭盆栽便可达到)之间的差值,视为可利用的速效钾,这一数值与EUF(I+Q)值,除少数供试土壤外,大多数是颇为接近的(表5),两者之间的相关系数(r)为0.892**, $y = 1.072x - 9.76$, ($n = 12$), Grimme^[8]认为,当作物所需钾素来自非交换性钾的百分比逐渐增大时,要获得高产是不可能的。因此,这部分“可利用的速效钾”对水稻当季的钾源是相当重要的,因而,用EUF(I+Q)值作为评价可供当季水稻实际利用的速效钾量应是一种有效手段。

(三)水稻吸钾量,六种化学提取法分别与土壤EUF(I+Q)值的关系

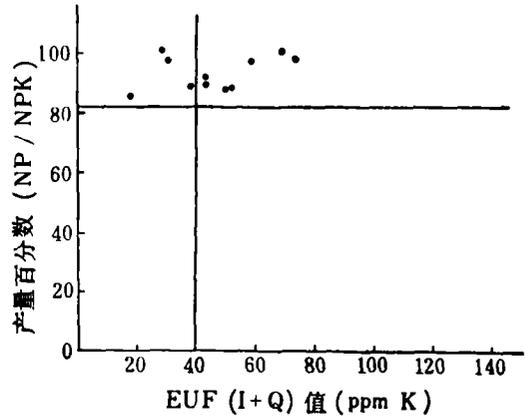


图1 土壤 EUF(I+Q)的临界值

表5 EUF(I+Q)值与土壤可利用速效钾值

土号	土 壤	原土壤速效钾量 (A)(ppm K)	耗竭栽培后速效钾量 (B) (ppm K)	可利用速效钾量 (AB) (ppm K)	EUF(I+Q) 值 (ppm K)
1	潮砂泥田	63	20	43	43
2	黄砂泥田	46	20	26	18
3	白散土田	92	56	36	29
4	岗地黄泥田	155	79	76	38
5	砂 泥 田	114	32	82	73
6	砂 泥 田	60	14	46	31
7	红黄泥田	154	42	112	125
8	强青隔红黄泥	93	31	62	58
9	白 散 泥	80	32	48	50
10	灰 白 泥	94	42	52	52
11	潮砂泥田	64	15	49	43
12	白鳞泥田	137	74	63	69

表6 水稻吸钾量,六种化学提取法分别与土壤EUF(I+Q)值的关系

方 法	相关系数(r)和回归方程式
水稻耗竭盆栽吸钾量	$r = 0.624^*$ $\hat{y} = 9.090 + 0.4108x$
1N HNO ₃ 热提取法	$r = -0.224$
1N 醋酸铵提取法	$r = 0.672^*$ $\hat{y} = 49.62 + 0.8865x$
1.4N H ₂ SO ₄ 水合热提取法	$r = 0.760^{**}$ $\hat{y} = 51.92 + 1.077x$
0.5N HCl 提取法	$r = 0.877^{**}$ $\hat{y} = 22.43 + 1.073x$
0.7N HCl 提取法	$r = 0.902^{**}$ $\hat{y} = 12.48 + 1.66x$
0.25N HCl - 0.5N NH ₄ Cl 提取法	$r = 0.793^{**}$ $\hat{y} = 25.14 + 1.245x$

注: 1. $n = 12$

2. * $p \leq 0.05$ 相关显著; ** $p \leq 0.01$ 相关极显著。

经测定,供试水稻土的EUF(I+Q)值除与1NHNO₃热提取法的相关系数未达显著水准外,与其它方法的相关系数(r)一般为0.6—0.9,达到显著或极显著水准(表6)。

不同形态的肥料氮 在根际的迁移规律

钦绳武 刘芷宇

(中国科学院南京土壤研究所)

在以往研究水稻根际氮素变化的基础上,进一步对不同形态肥料氮素在淹水和旱作条件下的迁移规律作了探讨。

本文采用集束平面根与施有标记肥料氮的土块接触,以旱作和淹水两种方式盆栽。结果如下。

标记的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 和 $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ 中的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 在淹水的水稻根际土壤中,都出现明显的亏缺区,主要在20毫米范围内,亏缺百分率与距根面距离呈指数相关。

在旱作条件下,上述两种标记氮肥中的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 在玉米、大麦、黑麦草等作物根际土壤中也存在明显的亏缺区,但不同于水稻根际,亏缺区的起始距离,

即最大亏缺率不是在离根最近的土壤中,而是在离根面3毫米处出现。在0—2毫米的近根土壤中,肥料氮反而有明显的累积现象。

当水稻在旱作条件下生长,其根际土壤中的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 也会出现相对累积,只是累积量没有玉米等旱作作物这么大。而将玉米在淹水条件下培育,其根际土壤中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的累积量则要比旱作条件下小得多。

$\text{NO}_3\text{-N}$ (K^{15}NO_3),无论在淹水或旱作条件下,虽然淋失都较严重,但在水稻和玉米根际0—5毫米土壤中,都有明显的累积。

施用 $\text{NH}_4\text{-N}$ 肥料后,在根际土壤中未检测出 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的存在。表明 $\text{NH}_4\text{-N}$ 在旱作近根土壤中的相对累积,并不是由于 $\text{NH}_4\text{-N}$ 在根际土壤中被硝化成 $\text{NO}_3\text{-N}$ 而引起的。

预先用 ^{15}N 标记的营养液培育玉米幼苗,在与土壤接触之前将幼苗在水中饥饿一天,然后用蒸馏水清洗幼苗根系,再与施入未标记 $\text{NH}_4\text{-N}$ 肥料的土壤接触培育一周,测得离根面0—2毫米的土壤中含有相当数量的 ^{15}N 。而在2毫米外几乎检测不出。表明,在玉米幼苗培育过程中,植物吸收的 ^{15}N ,其中一部分可以随根系的有机分泌物再回到根际土壤中。这可能是旱作作物根际0—2毫米土壤中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 肥料相对累积的主要原因。

三、小 结

1. EUF法测试技术可作为评价水稻土钾素供应状况的手段。在十二种供试水稻土中,当水稻亩产600—800斤的水平下,初步认为EUF(I+Q)值的临界指标为40ppm K。

2. EUF(I+Q)值与土壤原速效钾值减去耗竭盆栽后土壤速效钾的差异(视为可利用的速效钾)有极显著的相关性,与水稻耗竭盆栽吸钾量之间的相关性也达到显著水准。EUF(I+Q)值与所选用六种化学提取法之间的相关性,除1N硝酸热提取法外,其余的也达到显著或极显著水准。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所,土壤理化分析,124—127页,上海科学出版社,1978。
- [2] Hunter, A. H., et al., soil sci. soc. Amer. Proc., 21:595—598, 1957.
- [3] Nelson, L. E., Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 23, 313—316, 1959.
- [4] Ekpete, D. E., Soil Sci., 113, 213—221, 1972.
- [5] Németh, K., Plant and Soil, 64, 7—23, 1982.
- [6] Németh, K., In "Potassium in soil", 171—180, Proceedings of the 9th Colloquium of the International Potash Institute held in Landshut (Germany), 1972.
- [7] Wanasuria, S., et al., Plant and Soil, 59, 23—31, 1981.
- [8] Grimme(戴弘译),影响钾素有效性的土壤因素,土壤学进展,第1期,48—54页,1981。