

# 水稻钾素营养的根际效应\*

陈 际 型

(中国科学院南京土壤研究所)

关于淹水条件下根际效应的研究迄今很少。而淹水土壤的根际环境与旱作土壤十分不同。土壤淹水后缺氧变为还原状态，但在种植水稻时植株可通过叶片利用大气中的氧向根部运输并部分释放于根外，使根际土壤氧化。故产生了一些与旱作迥异的根际氧化还原过程。这个过程与矿质营养的关系对水稻的生长和养分吸收的影响，都受到人们的注意。为此本文就水稻钾素营养的根际效应进行了研究。

## 一、材料与方法

供试土壤为第四纪红色粘土发育的红壤性水稻土和太湖湖积物发育的中性水稻土。采用尼龙网分隔培育盒进行土培试验。在N、P供应充足的基础上设施钾和不施钾两个处理，重复3次。用平板pH玻璃电极和微铂电极原位测定根际土壤的pH值和Eh值。单条稻根附近的pH用自制的微型pH玻璃电极测定，并分层取样测定mol/L  $\text{NH}_4\text{Ac}$  提取的速效性钾，1mol/L  $\text{HNO}_3$  煮沸浸提的酸溶性钾和250克/千克HCl消煮提取的钾，以及根际、根外的 $\text{HCO}_3^-$ 含量；同时另设一小盆土培试验(处理同前)专供测定不同时间根际土壤pH值的变化。

表 1 钾素营养对水稻根际土壤Eh(毫伏)的影响

土壤	处理	深度 (cm)	离根0—1mm处的Eh (mv)	两处理在不同深度的差异
中性水稻土	NP	1—4	156	
		5—8	-79	
		9—12	-68	
	NPK	1—4	171	+15
		5—8	141	+220
		9—12	143	+211
酸性水稻土	NP	1—4	187	
		5—8	-81	
		9—12	-132	
	NPK	1—4	215	+28
		5—8	135	+216
		6—12	64	196

## 二、结果与讨论

### (一)钾素营养对土壤 Eh 的影响

与旱作土壤不同，水稻根际的氧化还原状况取决于水稻根的泌氧作用和微生物耗氧作用之间的平衡。其决定因素是水稻泌氧作用的大小。由于施用钾肥能促进稻根的泌氧作用<sup>(1)</sup>，故可提高根际土壤的Eh值。结果列于表1。表中是将Eh校正至pH7进行比较，因为根据Nernst公式，Eh的升高并不必然反映还原过程的减弱，它还可能是由于pH值的降低所引起的。

由表1可见，未施钾处理根际5cm以下的土层其Eh<sub>7</sub>均为负值(显示还原性)，而

\*本研究是国家自然科学基金资助项目的一部分。

施钾者均为正值(趋向氧化性)。两处理间在5—12cm深处的Eh<sub>7</sub>差别较大,施钾较未施钾处理可增大至从200毫伏左右到200毫伏以上。由于Eh值是土壤中氧化还原物质种类和数量的综合反映,因此Eh值显著的增加,表明施钾使根际土壤氧化还原状况获得了较大的改善。

从表中还可看出,在表层1—4 cm处两处理间Eh<sub>7</sub>的差异较小,这可能是由于表层受大气中O<sub>2</sub>的影响较大的缘故。

### (二)钾素营养对根际pH的影响

表2是应用pH玻璃微电极测得根际pH的结果。

由表2可见,离根基的不同距离上,施钾与对照相比,微域土壤pH都明显地降低。从稻根的部位看,以离根基4 cm左右降低最大,达到一个pH单位以上。

从pH的动态变化看,施钾后pH的降低不是马上发生的,而是在水稻三叶期后二十天下降最为明显(图1)。

表2 沿单条稻根根际pH的垂直变化

土壤	原始土壤pH	根基与根尖的距离(cm)	根际pH		ΔpH
			NPK	NP	
中性水稻土	6.67	1	6.64	6.90	-0.26
		2	6.66	7.53	-0.87
		4	6.53	7.72	-1.19
		5	6.77	7.59	-0.82
		7	7.14	7.90	-0.76
		10	7.15	7.95	-0.80

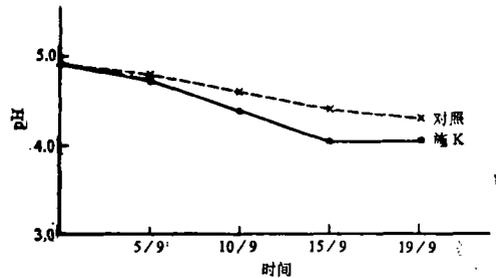


图1 酸性水稻土根际土壤pH的动态

表3 根际土壤中HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>的含量 (×10<sup>-4</sup>mol/L)

土壤	处理	与根的距离 (mm)		
		0—1	3—6	6—11
中性水稻土	NPK	1.45	1.78	2.57

以上结果表明,尽管不同处理间土壤pH降低的幅度有所不同,但水稻施钾确能降低根际土壤的pH值。

由表3可见,根际HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>含量较远根处小1.77倍,表明K<sup>+</sup>的内流和H<sup>+</sup>的外流相

耦合<sup>[3]</sup>可引起根际的酸化,但因其化学计量方面存在着矛盾的结果其定量的解释仍不圆满。1990年Kirk<sup>[4]</sup>提出,在水稻根际周围,存在着稻根对Fe<sup>2+</sup>的氧化与酸化作用,4Fe<sup>2+</sup>+O<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O→Fe(OH)<sub>3</sub>+8H<sup>+</sup>。因此,施钾后可能通过促进Fe<sup>2+</sup>的氧化而引起根际的酸化。

### (三)钾素营养对根际土壤养分的影响

水稻吸收养分的直接后果是产生根际养分的亏缺,导致远根处的养分向根迁移,而近根处的养分,在固液相间发生重新分配。所以植物的吸收会引起根际土壤中养分的浓度梯度。

随根系的生长,根际土壤速效钾从上往下和由根际向根外其含量逐渐增加。从而建立了垂直和水平两个浓度梯度。施钾可以增加速效钾的含量,因而增大了这种浓度梯度(表4)。

土壤非代换性钾与代换性钾、土壤溶液钾之间存在着一种动态平衡关系,稻根对土壤溶液中K的强烈吸收可引起非代换性钾的释放(表5)。而且随水稻吸收时间的延长,施钾处理的酸溶性钾、迟效性钾均降低。与未施钾处理相比较,在播种27天时迟效性钾也有减少的趋势。这表明,施钾也可影响某些土壤潜在钾的释放。

表 4 根际土壤速效钾的垂直与水平分布(mg/kg)

土 壤	处 理	垂直分布(mm)*				水平分布 (mm)			
		0—30	30—60	60—90	90—120	0—2	2—5	5—8	8—12
酸性水稻土	NP	30	38	53	73	30	50	60	60
	NPK	70	154	189	20.5	70	153	158	160

\*垂直分布仅指0—2mm根际土壤中从上而下的分布。

表 5 钾素营养对根际非交换性K的影响

土 壤	原 始 土		处 理	播 种 后 27 天			播 种 后 49 天		
	速效K	酸溶性K		速效K	酸溶性K	迟效K*	速效K	酸溶性K	迟效K
酸 性 水 稻 土	6.5	13.0	NP	4.8	110	3920	31	110	3500
			NPK	155	202	3780	77	160	3580

\*迟效性K指250克/千克HCl消毒的K

表 6 不同氮肥水平下施K对根际NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N含量的影响\*

土 壤	处 理	NH <sub>4</sub> -N	增 加
		(μg/g)	(%)
酸性水稻土	N <sub>1</sub> P	17.9	100
	N <sub>1</sub> PK <sub>2</sub>	39.0	218
	N <sub>2</sub> P	38.5	100
	N <sub>2</sub> PK <sub>1</sub>	55.4	144
	N <sub>2</sub> PK <sub>2</sub>	80.2	208

\*N<sub>1</sub>为一般施氮量,N<sub>2</sub>为其用量的一倍。

钾素营养还影响根际土壤NH<sub>4</sub><sup>+</sup>养分含量(表6)。施钾与对照相比,根际土壤中的NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N含量明显增加。

施钾也能增加水稻根际钙的积聚<sup>[5]</sup>,这些都是由于根际土壤存在K/Ca和K/NH<sub>4</sub>竞争吸收的缘故。

### 参 考 文 献

- [1] Trolldenier, G., plant and Soil, 47: 193—202, 1977.
- [2] Marschner, H., Proc. 17th Colloquium of IPI, 55—76, Born, 1983.
- [3] Newman, I. A. et al., Plant Physiol., 84: 1177—1184, 1987.
- [4] Kirk, C. J. D. et al., Transaction of 14th ICSS, II: 153—157, 1990.
- [5] 陈际型, 中国科学院南京土壤研究所, 国际钾肥研究所(瑞士)第四次钾素讨论会论文集, 64—70页, 江苏科学出版社, 1989.