

# 水稻的钾素吸收和外流与土壤 钾、氮水平的关系

陈 际 型

(中国科学院南京土壤研究所)

随着农业生产的发展,钾、氮配合施用已成为不少地区水稻高产的重要措施之一<sup>[1-3]</sup>,所以研究土壤中钾、氮比的变化就有一定的现实意义。但对这个问题,以往多看重于肥料的氮、钾比与作物产量关系的研究。从现有资料看,土壤中的氮钾相互之间对植物的吸收有着颇颇与促进的双重作用<sup>[4,5]</sup>,并且还存在着钾的外流现象<sup>[6]</sup>。

本工作试图从水稻钾的吸收和外流二方面来考察钾与氮的关系。现将初步结果报导如下。

## 一、实验部分

### (一)盆栽试验

大部分幼苗试验系在—批特制的试验盆中进行。每个盆子由0.5厘米厚塑料板制成高20厘米,长17厘米,宽分别为5厘米和2厘米的两个半盆合在一起所构成。中间用300目的尼龙网筛隔开,四周用螺丝夹紧固。在尼龙网两边各装土700和300克,一边植稻另一边不植稻。供试土壤为江西进贤第四纪红色粘土和江苏无锡太湖沉积物发育的水稻土(代换性钾分别为6.2和12.6毫克/100克土,全氮为0.115%和0.183%);设PK、NP、NPK三个处理,每个处理重复六次。每盆植稻4株。

耗竭种植试验则在小塑料盆中进行。做一个直径较盆钵小2毫米的尼龙网筛斗,放入小盆中,在网的内外层装土(红壤性水稻土)共150克在网内植稻8株,设NP和NPK两种处理,每种处理重复15次。

此外,还布置了不同氮、钾比的辅助试验。

### (二)测定

在水稻生长不同时期,松开夹具,取下不植稻的那块土壤,进行原位测定和分层取样,并在植稻一边采取植株样品和混合土壤样品。耗竭试验则在水稻三叶期后每隔五天采样一次,每次取三个重复,进行下列测定。

根际土壤溶液中的水溶性 $\text{NH}_4^+$ 和 $\text{K}^+$ 用铵、钾离子选择性电极原位测定。土壤速效性 $\text{NH}_4\text{-N}$ 用20%KCl提取、蒸馏、滴定;全氮用开氏法。植株全钾用0.25NHCl浸泡24小时提取,用火焰光度计法测定。水稻的总根长、半径与鲜根重均按常规法测得。

### (三)计算公式

根的半径:  $r_{\text{根}} = \sqrt{\frac{\text{鲜根重}}{\pi l}}$ , 根的表面积:  $S_{\text{根}} = 2\pi r l$ , 式中,  $l$ 为根的总长度。

$$F = \frac{u_2 - u_1}{t_2 - t_1} \cdot \frac{\ln s_2/s_1}{s_2 - s_1} \dots\dots\dots(1)$$

式中,  $u_1, u_2$ ——分别在  $t_1$  和  $t_2$  时, 每盆植株吸收的氮或钾的总量。

$s_1, s_2$ ——分别为  $t_1$  和  $t_2$  时稻根的表面积。

$t_1, t_2$ ——分别为第一次和第二次的采样时间。

当植株中  $K^+$  有外流时, 这时(1) 式中  $u_2 - u_1$  为负值, 因此  $K^+$  的外流速度(E)可用下式计算求得:

$$E = \frac{u_1 - u_2}{t_2 - t_1} \cdot \frac{\ln s_2/s_1}{s_2 - s_1} \dots\dots\dots(2)$$

## 二、结果与讨论

### (一) 土壤中N/K浓度比对水稻植株体内N/K比的影响

土体(Soil bulk)溶液中  $NH_4-N/K$  浓度比与植株体内的N/K比相关性常较差<sup>[5]</sup>, 为此我们考察了水稻吸收前后根际土壤中  $NH_4-N/K$  浓度比的变化(表1-2)。

表1 土壤速效性  $NH_4-N/K$  比对水稻植株N/K比的影响

土壤	处理*	土壤 $NH_4-N/K$ 比		植株 N/K比
		初始时	种植后	
第四纪红壤性水稻土	$N_2P$	7.14	5.55	2.92
	$N_1P$	4.02	2.02	2.17
	$N_2PK_1$	1.66	1.42	1.15
	$N_2PK_2$	0.99	0.56	1.00
	$N_1PK_2$	0.56	0.20	0.94

\*  $N_1K_1$  为一般盆栽试验的氮、钾用量;  $N_2K_2$  为其增高一倍的用量

由表1可见, 水稻植株的N/K比随根际土壤速效性  $NH_4-N/K$  比的增加而增加, 两者呈良好的相关性, 其相关系数初始时为0.993 ( $n=5$ ), 种植后为0.944 ( $n=5$ ), 说明根际土壤中速效性  $NH_4-N/K$  比对水稻植株的N/K比有很大影响。但表1中也显示出, 植株的N/K比的变化要小于土壤  $NH_4-N/K$  比的变化, 如初始时土壤中  $NH_4-N/K$  比从0.56改变至7.14, 而植株中N/K比仅从0.94增至2.92, 表明植株对土壤  $NH_4-N/K$  比的反应有着某种“选择吸收”作用。

表2 根际土壤溶液中  $NH_4-N/K$  比的动态变化

土壤	处理	土壤溶液中 $NH_4^+/K$ 比		植株中N/K比 (11月23日)	
		10月13日	11月23日	根内	整株
第四纪红壤性水稻土	NP	12.83	10.02	2.48	7.82
	NPK	4.80	4.37	1.05	2.87

从表1、2看, 根际土壤与土壤溶液中的  $NH_4-N/K$  比, 似均随水稻的吸收而降低。这也是由于水稻生育期间不是1:1的比例吸收氮和钾, 而是吸氮量大于吸钾量, 因此  $NH_4-N/K$  比值变小。

表3 施K对水稻N吸收通量的影响

土壤	处理	N的吸收通量
		$M \times 10^{-12}/cm^2 \cdot 秒$
红壤性水稻土	NP	5.14
	NPK	3.84
无夕黄泥土	NP	7.38
	NPK	5.20

### (二) 氮钾配合施用对氮钾吸收的影响

由表3可见, 无论黄泥土(含N, 0.183%)或红壤性水稻土(含N 0.115%)施钾后

表4 施N对水稻K吸收通量的影响

土壤	处理	土壤代换性K的变化(毫克/100克土)		K的吸收通量 $M \times 10^{-12}/cm^2 \cdot 秒$
		种植前	植稻后	
红壤性水稻土	PK	17.2	6.2	1.37
	NPK		4.1	0.79
无夕黄泥土	PK	21.1	9.2	1.86
	NPK		7.2	2.42

均减少水稻对N的吸收通量。

另一方面 N 对 K 吸收的影响则有所不同。随土壤含 K 量而异，见表 4。

表中显示，在土壤含 K 量低的红壤性水稻土上，施氮对水稻  $K^+$  的吸收通量有明显的抑制作用，但当土壤含钾量较高时，例如无锡黄泥土，则反而对  $K^+$  的吸收通量有促进作用。Mengel<sup>[5]</sup> 认为，对于水稻  $K^+$ 、 $NH_4^+$  间不存在竞争关系，可能由于  $NH_4^+$  以  $NH_3$  分子所吸收。但从我们的试验看，在不施钾时，植株体内含 N% 随氮的用量增加而增加，施钾时则随钾的用量增加而降低，说明 N、K 间存在竞争作用。最近黄昌勇等<sup>[3]</sup> 也报导，水稻 N、K 营养存在着颞颥作用。所以对这个问题有待进一步研究。

### (三) 钾的外流与钾、氮水平的关系

水稻根质膜透性的变化会导致钾的外流，这可以从植株中含钾总量的减少来看出。但在土培条件下这方面的报导甚少。我们从竭耗试验发现，当根际土壤代换性钾达到某一临界值而无钾的补充时，如对于红壤性水稻土其代换性钾降至 2—4 毫克/100 克土以下时，植株前期吸收的  $K^+$  就开始发生外流，其外流速度为  $0.9 \sim 7.7 \times 10^{-13} M/cm^2 \cdot \text{秒}$  的数量级 (表 5)。

表 5 在耗竭栽种下  $K^+$  的外流速度\*

土壤	处理	种植前土壤代换性钾 (毫克/100克土)	水稻生长时间 (9月5—23日)	钾的外流速度 ( $M \times 10^{-13}/cm^2 \cdot \text{秒}$ )
红壤性水稻土	NP	6.2	5—10	3.08
			10—15	3.17
			15—19	3.17
			19—23	0.93
	NPK	17.2	10—19	7.66
			19—23	7.22

\* 三次重复的平均数

表 6 不同处理植株的根际土壤含钾量微域变化

离根距离 (毫米)	接触一月后土壤代换性钾 (毫克/100克土)	
	PK 处理	NPK 处理
0—2	16.2	5.3
2—4	14.6	7.7
4—6	13.3	7.9
6—9	12.9	8.7
9—12	12.1	9.5
12—15	10.9	9.5

注：接触土壤为无锡黄泥土，其含钾量为 10.9 毫克/100 克土。

我们经常只考虑施肥中的氮、钾比例而忽略了土壤中原有的氮、钾含量，并且不能区分养分的根际和根外的差别。更重要的是，植株不是被动的反映土壤中 N/K 比的变化，对水稻来说，因氮、钾间存在着相互作用而影响氮、钾的吸收通量。而当水稻植株钾离子浓度增加时，外流出来的钾也可能相应增加，所以只有将土壤—植株—肥料三者统一地考虑，才能得出肥料中较优的氮、钾配合比例。

植株氮、钾比例与作物产量的关系，常呈双曲线的形式，总干重随 N/K 比的增大而降低<sup>[6]</sup>。在我们试验中也观察到类似现象，但由于这是幼苗试验，尚难得出肯定意见。(下转封 3)

若将不同处理的水稻生长一段时间以后，把未植稻一边的土移去，换上未施肥的土壤，再生长一段时间，然后采样测定。我们观察到前期缺氮富钾 (PK 处理) 的水稻植株，接触含钾量为 10.9 毫克/100 克土的黄泥土一个月后，土壤代换性钾呈现根际高于根外的微域分布趋势。而 NPK 处理则不发生这种情况 (表 6)。Claassen 等认为，外流是一个沿电化学梯度的被动过程，因此我们认为在某些情况下，由于缺氮使植株生长不良改变了根质膜的透性因而也会导致植株钾的外流，从而影响植株的 N/K 比，而 NPK 处理植株因生长较好，体内氮、钾比较平衡，因此不发生钾的外流。

### (四) 讨论

如何从肥料的氮、钾比来控制水稻体内的氮、钾比是人们关心的问题。由以上结果可见，水稻植株的氮、钾比决定于 (1) 根际土壤中速效性氮、钾的含量；(2) 这两种离子的相互作用；(3) 水稻吸收与外渗的相互平衡。

## 酸性土壤粘粒对锌和铜的吸附 和固定：选择性溶解的效应

N. Cavallaro和M. B. McBride用纽约酸性土壤的两个代表性土层中分离出来的粘粒部分进行铜和锌的吸附和固定的研究。他们发现32-95%吸附的Cu和Zn不能被CaCl<sub>2</sub>反复交换下来，而是非交换性吸附，决定于平衡溶液的pH。粘粒部分对Cu和Zn的吸附、固定分别在pH 4-6和pH 5-7范围内迅速增加。pH较高时Zn的非交换性吸附的百分数增加可能与金属水解态具有较强的结合能力有关。用草酸盐和柠檬酸盐-连二亚硫酸盐提取法除去氧化物后，Zn和Cu的吸附和固定减弱很多，指示氧化物在金属吸附中起有重要的作用。在减弱锌的吸附和

固定作用方面，柠檬酸盐-连二亚硫酸盐提取法较草酸盐法更为有效，暗示结晶差的氧化物在Zn的吸附中是重要的。结果还表明，用这些提取法去除铁和铝的氧化物对Zn的吸附、固定的影响较Cu者为大。粘粒用次氯酸盐处理去掉有机物质，对于A层样品Cu和Zn的吸附和固定有所增加，这似乎与处理后粘粒和氧化物的有效分散而暴露出较多的吸附点位有关；对于B层样品则几乎没有影响。可以得出结论：土壤粘粒部分中微晶态和非晶态氧化物(其重量不到粘粒的20%)提供了对Cu和Zn进行化学吸附的反应性表面。在低pH时，这些表面的吸附可能是重金属固定的主要机理，特别在心土层中。

(刘志光据 Soil. Sci. Soc. Am. J.,  
48: 1050-1054, 1984)

(上接第129页)

此外，同一合适比例而绝对量不同时，对水稻的吸收与产量有何影响，也不甚清楚，这有待进一步研究。

### 参 考 文 献

- [1] 马茂桐、杜承林，华中红壤丘陵地区水稻生产中的钾肥问题。土壤通报，第1期，5-11，1982。
- [2] 李金培等，低产田水稻氮钾营养失调及施钾后的增产效应。广东农业科学，第2期，23页，1982。
- [3] 黄昌勇等，水稻土供钾特性与水稻钾素营养关系及其在诊断上的应用。浙江农业大学学报，11(3)：347-354，1985。
- [4] Faizy, S. E. - D. A., N-K interaction and the net influx of ions across corn roots as affected by different NPK fertilizers, in Soil in Mediterranean Type Climates and their Yield Potential, 14th, 409-416, IPI, 1979.
- [5] Mengel, K. et al., plant and soil, 44: 569-573, 1976.
- [6] Zsoldes, F. et al., Plant and Soil, 49: 219-228, 1978.

壤微生物在森林土壤剖面中的作用，森林土壤酸化及金属元素溶解度等课题均有深入研究，并取得不少新的进展。所有这些研究，特

别是关于森林生产力与森林土壤发生特性的研究，值得我们借鉴。