

# 红萍钾对水稻的有效性

张钟先 宋永康 陈涵贞

(福建省农业科学院中心实验室)

## 提 要

应用示踪技术研究红萍钾对水稻的有效性。试验结果表明,红萍压入土壤后在最初7天内即释放出65.8%的钾素,满足水稻早期钾素营养需要。所以红萍钾对水稻的肥效可达40%,略高于同量的化肥钾。因此我们认为,无论从富钾潜力或是供钾能力考虑,红萍确是一种值得重视的生物钾肥资源。

我国南方随着农业生产条件的改变,钾肥肥效日益显著。目前钾肥短缺已成为农作物持续增产的限制因素之一。为了开辟钾肥资源,我院红萍研究中心曾开展红萍富集钾的研究,发现红萍有很强的富钾能力<sup>[1,2]</sup>,且繁殖快、产量高,是一种很有潜力的生物钾源。

红萍作为肥料施用有明显的增产效果。关于红萍钾的利用效率究竟多大、如何施用较为有效等问题,国内学者也做过一些研究<sup>[3,4]</sup>,并从钾吸收量和产量方面肯定了红萍钾的肥效。但这些研究多采用常规的差异法间接测定。为此,我们利用示踪技术研究在盆栽条件下,水稻对红萍钾的吸收利用情况,并与同量的化肥钾相比较,以便为合理利用红萍钾提供依据。

## 试 验 方 法

试验在 $\phi 26 \times 28$ 厘米的塑料桶内进行。设红萍钾和化肥钾两种处理,重复五次,其中两重复供各生育期采样分析用。每盆装白沙黄泥田水稻土11.3公斤。土壤全钾含量2.4%,速效钾含量62ppm,缓效钾含量293ppm。在4~10厘米深的土层中分别施用标记鲜萍150克和标记氯化钾440毫克,均以 $^{86}\text{K}$ 作为钾的示踪剂。配合氮、磷化肥,使每盆 $\text{N}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 的用量分别为0.32、0.225和0.28克。两周后每盆种植汕优6531水稻3丛,每丛2本。在水稻分蘖、孕穗和成熟期分别取样,用塑料闪烁计数器和弱放射性测量装置测量示踪钾在稻株和土层中的含量,并以稻株对铷和钾的吸收比(0.88:1.00)校正。

红萍释钾过程系以标记鲜萍1.4克均匀混入50克干土中,加水饱和,在30℃恒温条件下进行释钾试验。共制备30份试样,定期取3份分别用500毫升1N的醋酸铵提取,测定提取液和土壤中的示踪钾含量。

## 结果与讨论

一、红萍在土壤中的释钾过程及其供钾能力 红萍体内所含的钾素多以游离状态存在于细胞液中。当其压入土壤后毋须待到腐解就容易被水浸提出来,供作物吸收利用。在本试验中,当标记红萍混入黄泥田土壤后,在浸水条件下红萍钾很快被释放出来,至第7天释放量已达65.8%。表现出压萍初期释钾曲线的陡升(图1)。此后释放量趋于稳定,继而平缓上升。至60天时共释放出73.5%的红萍钾。红萍的这种释钾特性对及时补给水稻生育前期的钾素营养需求是很有利的。

在压萍后的7天内,萍体释放出来的示踪钾多以速效态存在于土壤中。由于土壤中钾素失去状态平衡,近一半的释放钾将由水溶态或交换态逐步转化为非交换态,固定在土壤粘土矿物层间的边缘。这部份固定态钾,其有效性介于交换性钾和层间钾之间,是为缓效性钾,它仍能较好地水稻所利用<sup>[5]</sup>。随着稻株对速效钾的消耗,这些潜在的缓效性钾又能活化为速效态钾。由此可见,土壤对红萍释放钾的固定具有保蓄养分、免受淋失和提高钾素缓冲能力的效果,这对于供钾能力低的黄泥田等土壤显得尤为重要。

钾肥施入稻田后,由于浓度差而产生钾离子扩散作用,使得这些钾素在土层中进行宏观位移。这对于水稻的钾素营养补给将起着重要作用。本试验所用的钾肥均施用于4~10厘米深的土层中。经过水稻整个生育期,钾肥往上下土层扩散移动,形成了各生育期钾肥在土层中分布的特征图式(图2)。在水稻分蘖盛期,施入的肥料钾大多数(70~80%)仍存留在施肥层内,稻株根系也尚未充分发育(其干重分别为4.9和3.5克/盆)。但因此时稻根多是吸收活力强的幼年根,其单位根重日吸收的钾量高达0.23~0.34毫克 $K_2O$ /克·日(参阅表1)。因此,它仍能吸收占整个生育期33~40%的钾肥。在此期间可溶性的化肥钾往下层土壤的迁移量显然高于红萍钾。但其根系未伸入该土层(根量仅占3%),因而化肥钾的吸收量仅是略高于红萍钾。至拔节盛期,稻株已形成布满整个土层的根群(根量增长15~20倍)。虽然其吸收强度已减弱一个数量级,但庞大的根群仍从土层中吸收了占吸收总量50~65%的肥料钾。此时上下两土层内肥料钾的吸收与补给基本平衡,净增不多。稻株趋于成熟后吸钾作用基本停滞,各受钾层中肥料钾含量又有明显增长。

显而易见,钾肥有效性不仅与其施用量和有效状态有关,而且还取决于肥料钾往作物根际转移的强度能否满足作物需求,即所谓“空间有效性”。因此在生产实践中钾肥的施用位

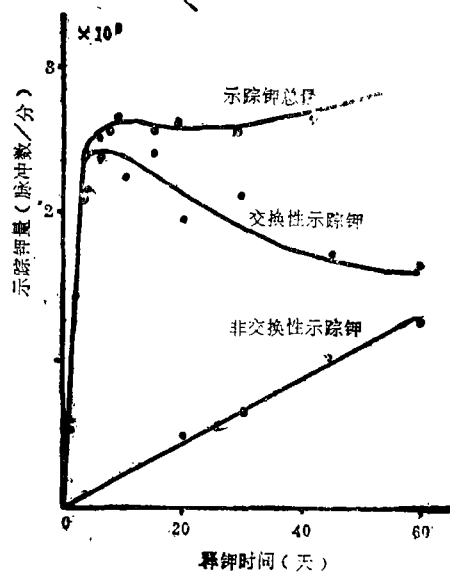


图1 红萍释钾过程

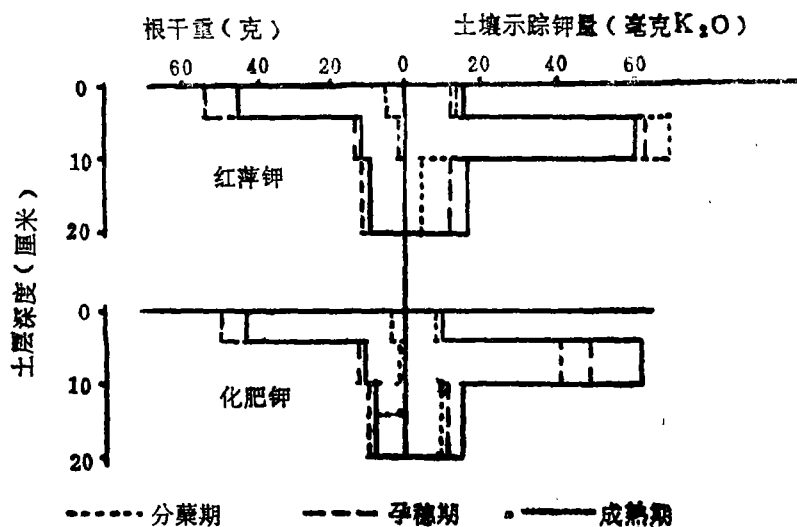


图2 两种示踪钾和根系在土层中含量分布

置应尽可能靠近吸收力最强的根系密集区。因为密集根系有利于扩展根际钾的可利用区域，从而提高了钾肥的利用效率。

二、稻株对红萍钾的吸收利用 从表1中看出，水稻在各生育阶段主要吸收土壤中的钾素，约占其吸收总量的96~97%。而从肥料中吸收的钾量仅占3~4%。这同肥料钾与土壤酸性钾的比值(0.038)相近。稻株对肥料钾的吸收主要表现在生育前期，至孕穗期其吸收量已达到整个生育期总吸收量的90%以上。稻株趋于成熟时肥料钾的吸收作用基本停滞。而稻株对土壤钾的吸收量在生育前期相对低些，至孕穗期仅吸收全生育期的80~85%，仍有15~20%的土壤钾是在后期吸收的。因此，在水稻吸收钾素的进程中表现出肥料钾所占比重逐渐减少，而土壤钾比重略有增高的趋势。这是由于水稻生长初期根系发育不健全，单位根长的需钾量大，促使土壤中有较大的钾素贮量，但其供应强度不能满足要求，仍需依靠集中施用于根系活动层的速效性钾肥予以补给。众所周知，大多数作物的早期钾素营养将对其产量起很大作用。对此应该更依赖于速效性基肥的施用。

从试验结果(图3)还可看出，稻株的吸钾强度与其生长速度有关。在稻株干物质日增量很小( $<1$ 克/日)的分蘖前期，其吸钾强度仅13毫克 $K_2O$ /日左右；一旦进入生育旺盛的拔节期，稻株干物质日增量猛增至6.3克/日，其吸钾强度亦达到峰值(63毫克 $K_2O$ /日)。此后，生长速度和吸钾强度均相应下降，两者都随水稻生长发育过程呈抛物线变化。因此可以认为，在水稻营养生长期决定钾肥反应的一个重要因素是生长速度。这可能与钾素能促进水稻代谢的各种需能过程有关。

稻株对两种肥料钾的吸收效应有一定差别。在压萍前期，红萍钾虽处于游离状态，但其供钾能力毕竟不及可溶态的化肥钾。所以它的吸收利用率仅11.7%，略低于化肥钾(13.0%)。

表1 水稻各生育期对两种钾肥的吸收量

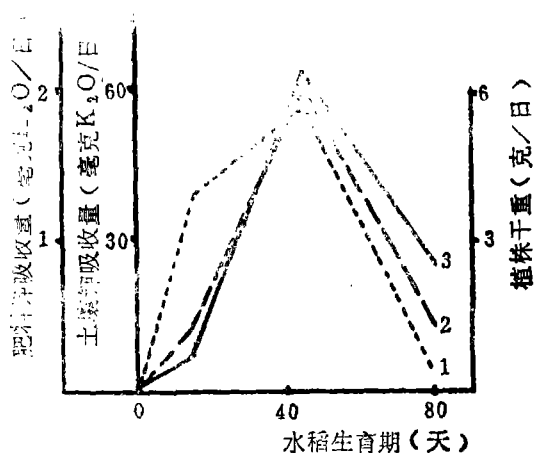
生育期	项 目	红 萍 钾			化 肥 钾		
		来自肥料	来自土壤	总吸收量	来自肥料	来自土壤	总吸收量
分蘖期 (30天)	吸收量 (毫克 $K_2O$ /盆)	39.1	382.5	421.6	41.3	400.4	441.7
	%	9.3	90.7	100.0	9.4	90.6	100.0
孕穗期 (63天)	吸收量 (毫克 $K_2O$ /盆)	115.7	2239.2	2354.9	91.2	2616.1	2707.3
	%	4.9	95.1	100.0	3.4	96.6	100.0
成熟期 (105天)	吸收量 (毫克 $K_2O$ /盆)	117.4*	2832.8	2950.2	102.9	3077.1	3180.0
	%	4.0	96.0	100.0	3.2	96.8	100.0

\*达5%显著水平

至节拔期, 稻株对红萍钾的吸收量已达116毫克 $K_2O$ /盆, 比化肥钾高出27%。红萍的这种供钾优势一直保持到稻株成熟。故其总利用率达40%, 明显高于化肥钾的36.8%。经 t 值检验, 达到显著水平。因此, 从肥效角度考虑, 红萍也确是一种有发展前途的生物钾源。

本试验采用的黄泥田土壤若以通常的酸溶性钾含量临界值判定, 应属于供钾能力偏低的土壤。但其钾的饱和度 (2.0%) 接近临界值, 说明该土壤的供钾强度达到中等水平。试验中每盆土壤含有速效性钾近700毫克、缓效性钾3316毫克。因此, 水稻生育前期所吸收的近400毫克/盆土壤钾主要来自速效钾, 至生育后期随着土壤速效钾的耗竭, 水稻利用缓放钾的比重逐渐增大。水稻吸收利用土壤非交换性钾的基础, 除了籍助于两种状态钾的动态平衡使部份缓效钾从土壤粘粒的层间转向外表来补充速效钾的亏缺外, 还通过水稻根毛与土壤粘粒接触, 使土壤中不稳定的胶体复合体破坏而释放出非交换性钾。由此可见土壤速效钾只有在水稻生育早期阶段才是可靠的钾源, 后期主要靠非交换性钾的补给来满足其需要。

三、红萍钾在稻株内运移与分配 从图4中看出, 在水稻分蘖盛期, 稻株处于营养器官生长旺盛阶段。根部吸收的红萍钾绝大部分 (90%以上) 输送到茎、叶部分并匀分在这两器官内。此时茎量较少, 其积聚密度最高 (2.8毫克 $K_2O$ /克)、叶片次之、根部最低。至拔节期, 稻株的生长中心转到幼穗发育的茎部。庞大根群所吸收的大量红萍钾几乎全部输到地上部, 并按1.5:1.0的



1. 肥料钾日吸收量
2. 土壤钾日吸收量
3. 植株干重日增量

图3 稻株吸钾与生长速度关系

比例分配到茎部和叶部。这表明钾与同化作用和养分输送有密切关系。稻株接近成熟时生长中心已转移到谷粒内。此时根系的吸钾作用已基本停滞,主要是已吸收的钾素在稻株各器官间运移和重新分配。突出的是叶片中约2/3的红萍钾转移到谷穗中,使其积聚密度与谷穗相均衡(0.2毫克 $K_2O$ /克)。若以输入谷粒的钾量占稻株含钾量的百分比作为钾素迁移率,则红萍钾的迁移率明显高于化肥钾(表2)。经t值检验,其差异显著。

土壤钾在稻株各器官的运移和分配情况与肥料钾相似,只是在生长前期的吸收量相对偏低和往籽实的迁移率不及红萍钾。

从上述结果不难看出,钾素在稻体内主要集中供给那些代谢旺盛、生长势强的“生长中心”。在水稻生长发育过程中随着生长中心的转移,钾素分配的重心也随之转移,掌握了这种重心转移规律,可以明确不同时期施用钾肥对产量形成的不同作用,是制定红萍钾合理利用技术的重要依据。

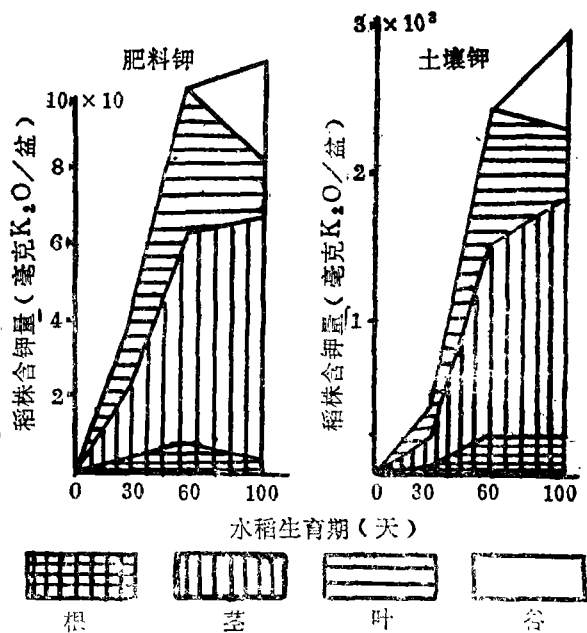


图4 两种钾素在稻株内的含量分布

表2 两种钾肥在稻株内的迁移率

项 目	红 萍 钾		化 肥 钾	
	来自肥料	来自土壤	来自肥料	来自土壤
稻株含钾量(毫克 $K_2O$ /盆)	117.4	2832.8	102.9	3077.1
谷穗含钾量(毫克 $K_2O$ /盆)	32.0	581.6	21.1	659.0
钾素迁移率(%)	27.3*	20.5	20.5	21.4

\*达5%显著水平

## 小 结

1、通过示踪试验,进一步明确了红萍不仅富含钾素,且其供钾能力强。当它压入土壤后能迅速释钾,满足水稻早期钾素营养需要。过量的释放钾转为非交换性钾贮备在土壤中,以补充水稻中期对钾素的需求。试验结果表明,水稻对红萍钾的利用效率可达40%,略高于

同量的无机钾肥。因此我们认为,无论从富钾潜力或是供钾能力上考虑,红萍应是一种值得重视的生物钾源。

2.在水稻生长发育过程中钾素营养的特点是集中供给那些代谢旺盛、生长势强的生长中心,即分蘖期的腋芽生长、幼穗发育期的穗子生长和成熟期的谷粒生长三个中心。前两时期所需钾素均由根系吸收供应;后一时期则主要由稻株体内输送补给。因此在生产实践中必须根据水稻的这种需钾特点,结合红萍的供钾特性,调节压萍的时间和位置,将红萍作为基肥一次压入5~10厘米深的耕层内。这是提高红萍钾的时间和空间有效性的措施。

3.为了合理利用红萍,近年来提倡运用稻萍鱼高产共生的新耕作制。以红萍喂鱼,鱼粪肥田供水稻吸收利用,这样可以多级地有效利用红萍中的营养物质,获得高额的物质产量。这无疑是一种比较理想的利用红萍方式。但从该系统内钾素供需关系考虑,确实存在着水稻早期需钾和鱼粪供钾偏晚的矛盾,影响稻株对红萍钾的充分利用。若能在早期翻压一定量红萍,即可弥补这个不足。因而我们认为,在当前推广应用稻萍鱼新耕作制中,直接压萍的利用方式仍不失其实用意义。

#### 参 考 文 献

- [1] 刘中柱等,1982,红萍富钾生理研究。I 红萍对水体中钾的吸收。中国农业科学 4:82~87
- [2] 张钟先等,1986,红萍富钾来源的示踪研究。福建省农科院学报 1:66~71
- [3] 刘中柱等,1986,红萍富钾生理研究。II 萍体钾对水稻生产的有效性 中国农业科学 5:59~64
- [4] 王方维等,1987,细绿萍作为北方水田绿肥的供肥特征研究。土壤通报 18(5):217~220
- [5] 陈克文等,1989,水稻土供钾特性及其与土壤水分关系。福建农学院学报 1:56~61
- [6] K. Mengel, 1980,作物生产中的钾。土壤学进展 1984 3:15~25
- [7] E.U.Pamuep,1960,植物矿物营养和土壤吸收性能。科学出版社
- [8] G.S.Sekhon,1985,Potassium In Indian Agriculture. J.Indian Soc.Soil Sci.33: 754~766

## THE AVAILABILITY OF AZOLLA-POTASSIUM FOR RICE

Zhang Zhongxian, Song Yongkang, Chen Hanzhen

(*Central Laboratory, Fujian Academy of Agricultural Sciences*)

### ABSTRACT

Availability of azolla-potassium for rice was studied with radioactive tracer. The results of experiment showed that azolla released 66% potassium in the first seven days after azolla pressed into soil, The utilization rate of azolla-potassium for rice could reach 40%, which was a little higher than the efficiency of the same amount of potassium in chemical fertilizer. It was thought whether in potential capacity of absorbent potassium or in the capability of supplying potassium azolla was an important resource of living things supplying potassium.