

# 不同季节不同基因型水稻幼苗 摄取东湖水磷形态的研究

郑振华<sup>1</sup>, 周培疆<sup>1,2</sup>, 吴振斌<sup>2</sup>

(1. 武汉大学环境科学系, 湖北 武汉 430072; 2. 中国科学院水生生物研究所, 湖北 武汉 430072)

**摘要:** 比较研究不同季节汕优 63 和金优 77 两种不同基因型水稻幼苗在东湖水中生长时对各磷形态的摄取规律。结果表明, 汕优 63 在春末夏初时对 DOP 及 PP 的利用较多, 但在夏末秋初时只对 DOP 的利用较多, 而金优 77 在两个季节对 PP 的利用都不明显。

**关键词:** 水稻; 东湖水; 磷形态摄取

**中图分类号:** S131 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0267(2001)06-0428-03

## Studies of Phosphorus Fractions Uptake by Seedlings of Different Genotypes Rice in Different Seasons

ZHENG Zhen-hua<sup>1</sup>, ZHOU Pei-jiang<sup>1,2</sup>, WU Zhen-bin<sup>2</sup>

(1. Department of Environmental Science, Wuhan University, Wuhan 430072 China; 2. Institute of Hydrobiology, the Chinese Academy of Science, Wuhan 430072 China)

**Abstract:** Uptake of Phosphorus fractions by seedlings of different genotypes rice in water of lake Donghu in different seasons were compared. Present results show that Shanyou63 uptake more DOP and PP fractions than that of Jinyou77 over a range of April and May. But only DOP fraction can be used over a range of September and October. Uptake of PP fraction in virtue of enzyme by Jinyou77 is never distinct in all seasons.

**Keywords:** rice; water of lake Donghu; uptake of phosphorus fractions

随着工农业和社会经济的迅速发展, 我国湖泊富营养化程度不断扩大, 据估计已达 90% 以上。另一方面, 我国人口持续增长, 耕地面积逐年递减。宋祥甫等提出的自然水域无土栽培水稻方法, 可解决以上两方面矛盾, 已受到农业部和中国农业科学院的重视<sup>[1]</sup>。因为此法既能利用富营养水体中过量的氮、磷, 又能收获农产品<sup>[2]</sup>。但目前的研究仅限于对去除水体总磷的研究, 且未对不同基因型水稻在天然水体中摄磷进行比较。而天然水体中存在着多种磷形态, 同一种植物对水体中各磷形态的摄取行为不同, 不同基因型植物对各磷形态的摄取行为也存在差异。因而研究比较不同基因型水稻对天然水体中各磷形态的摄取规律是有意义的。本文主要研究春末夏初(4 月上旬至 5

月中旬) 和夏末秋初(9 月下旬至 11 月上旬) 两个不同季节, 汕优 63 和金优 77 两种不同基因型水稻幼苗对东湖水各磷形态的摄取。

## 1 材料和方法

### 1.1 稻种和培养装置

选用汕优 63 和金优 77 两种不同基因型水稻, 稻种购自湖北省种子公司。将稻种初步消毒后浸泡 4 d 至萌发。培养装置为圆形塑料桶(容积约为 2 L), 上覆有一小塑料筐, 其筐眼大小正好可承载稻种不使其落入水中, 而根部可全部穿过, 培养时水体恰与筐底部接触。

### 1.2 培养水体及磷形态的划分

天然水体采自东湖观测站, 混匀后等体积加入到各个桶中。将水体中磷形态划分为 SRP(溶解性反应磷)、DOP(溶解性有机磷)及 PP(颗粒磷)。

### 1.3 培养及测定

将萌发的约 300 粒稻种胚芽朝上播于塑料筐

收稿日期: 2001-03-24

基金项目: 国家杰出青年科学基金(39925007)、淡水生态与生物技术国家重点实验室开放基金(1999FB01)

作者简介: 郑振华(1976-), 男, 武汉大学环境科学系硕士研究生, 从事植物摄取磷形态和微囊藻爆发成因的研究

通讯联系人: 周培疆。

中。加入自来水让其生长 12—15 d 以耗净其种内全部营养,换成蒸馏水饥饿培养 5 d,间苗后每桶内皆保留 200 株幼苗。向桶内加入体积相同的东湖水,标记刻度,以后每天加入蒸馏水至刻度以保证水的体积不变。同时留有不栽种植物的空白水样,用以对各磷形态的自然变化进行扣除。按一定的时间间隔,定时取出水样按文献[3]的方法测其 TP(总磷)、TSP(总溶解磷)和 SRP(溶解性反应磷),由  $PP = TP - TSP$  及  $DOP = TSP - SRP$  求得 SRP、DOP、PP 的浓度。

## 2 结果和讨论

### 2.1 春末夏初两种不同基因型水稻对各磷形态的摄取

天然水体中的磷存在多种形态,如 SRP、DOP 和 PP。其中有些较易为植物所利用,另一些则不易被植物直接利用。其中 SRP 绝大部分为溶解性无机磷酸盐,是最先为植物根部吸收利用的磷形态<sup>[4]</sup>,但同时,SRP、DOP 及 PP 还具有一定的协变性<sup>[5]</sup>。水稻幼苗在东湖水中生长时,通过吸收、吸附等作用利用水体中的磷营养,从而引起水体中各磷形态浓度的变化。由植物诱导产生的分泌物及酶的作用会促进各磷形态间的协变,结果见图 1 和图 2。

从图 1 和图 2 中可明显看出,SRP 浓度在水稻生长的过程中一直以较快速度下降,表明水稻对 SRP 可以直接快速的摄取。但显然汕优 63 较金优 77 利用的速率快。在通常情况下,环境中的 SRP 相对植物的生长而言是不够的,因而植物会在磷饥饿的情况下诱发生理性变化以活化环境中难溶解的磷形态及难利用的溶解态有机磷,即有 PP 向 DOP 和 SRP 的转化及 DOP 向 SRP 的转化。

由图 1 可看到,伴随着 SRP 浓度的下降,DOP 的浓度也下降,但随后又逐渐上升,而 PP 的浓度则一直下降,其原因可能是原来水体中的 DOP 为植物所活化利用而减少,但 PP 向溶解态的转化使 DOP 得到补充而浓度增加。

图 2 中金优 77 这种 DOP 与 PP 的协变作用不明显,只是开始有一部分 PP 向 DOP 的转化,而后 DOP 及 PP 的量几乎没有发生改变,因而可知汕优 63 在活化利用非无机磷酸盐磷形态方面的能力较金优 77 强,即汕优 63 这种基因型更适宜在活性磷不高的环境中生长。

### 2.2 夏末秋初两种不同基因型水稻对各磷形态的摄取

在不同季节,天然水体中各磷形态浓度会发生

图 1 春末夏初汕优 63 在东湖水中生长时水体中各磷形态的浓度变化曲线

Figure 1 The curve of concentration changing of phosphorus fraction in the water when Shanyou63 was growing in the water of lake Donghu over a range of April and May

图 2 春末夏初金优 77 在东湖水中生长时水体中各磷形态的浓度变化曲线

Figure 2 The curve of concentration changing of phosphorus fraction in the water when Jinyou77 was growing in the water of lake Donghu over a range of April and May

变化,水稻幼苗对各磷形态的摄取规律也不同,其结果见图 3 和图 4。

SRP 的下降规律同前一季节,表明 SRP 对植物生长有重要而直接的作用。而这个季节水体中 PP 的浓度很高,而 DOP 的浓度却很低。在此季节的水稻生长过程中,仍明显存在着 PP 的转化作用,尤其是图 4 金优 77 生长的第 6 d 开始,PP 浓度骤降,而同期 DOP 也有较大增加,同时 SRP 减少的趋势减缓,原因可能

是 PP 向 SRP 的直接转化的补充作用。

在 PP 的转化过程中,起重要作用的是有机酸。研究表明<sup>[6]</sup>,植物在缺磷情况下,其根系会分泌各种分泌物以增加环境中可供利用的磷营养。这些分泌物分为专一性的和非专一性的,后者包括有机酸、氨基酸、酚类化合物。其中有机酸可使根际酸化,以促进根际周围难溶解性营养物(如 PP)的溶解以释放出磷酸盐,同时也促进 DOP 向 SRP 的转化。

图 3 夏末秋初汕优 63 在东湖水中生长时水体中各磷形态的浓度变化曲线

Figure 3 The curve of concentration changing of phosphorus fraction in the water when Shanyou63 was growing in the water of lake Donghu over a ranger of October and November

由图 3 可看出, 汕优 63 在此季节促进 PP 的转化能力明显不如金优 77, 可能是由于环境温度和水体中各磷形态浓度差异较大。但在汕优 63 生长过程中, DOP 的浓度一直缓慢下降, 直至最后才略有上升, 这表明尽管 PP 转化不力, 但 DOP 的利用效率仍较好, 甚至较此时的金优 77 还高。研究表明<sup>[7]</sup>, DOP 主要由磷脂和难水解性大分子含 P 有机物颗粒组成。其中大分子颗粒 (> 10KDa) 的比例有时很高, 这就极大限制了植物对 DOP 的利用。植物在缺磷条件下, 会增加磷酸酶及植酸酶等酶的活性, 以促进 DOP 向 SRP 的转化。但由于不同基因型的差异, 以及温度等环境条件的影响, 会改变这些酶的活性, 因而也会影响 DOP 的利用效率。

### 3 结论

通过比较不同季节两种不同基因型水稻幼苗对 DOP 及 PP 的利用可知:

(1) 汕优 63 在春末夏初时对 DOP 及 PP 的利用较为活跃, 但在夏末秋初时只对 DOP 的利用较活跃, 可能是因为汕优 63 在两个不同季节时分泌有机酸等根系分泌物的能力发生变化, 但仍能保持磷酸酶、植

图 4 夏末秋初金优 77 在东湖水中生长时水体中各磷形态的浓度变化曲线

Figure 4 The curve of concentration changing of phosphorus fraction in the water when Jinyou77 was growing in the water of lake Donghu over a ranger of October and November

酸酶等酶的活力。

(2) 金优 77 在两个季节的对 DOP 的利用都不明显, 而在夏末秋初时分泌有机酸等非专一性根系分泌物的代谢活动较旺盛, 即对 PP 的利用较多。

(3) 植物总是优先利用可溶性磷, 在植物分泌的特定分泌物和酶的作用下, 各磷形态间的协变性有利于增加可溶性磷浓度。

### 参 考 文 献:

- [1] 宋祥甫, 等. 自然水域无土栽培水稻的研究[J]. 中国农业科学, 1991, 24(4): 8 - 13.
- [2] 宋祥甫, 等. 浮床水稻对富营养化水体中氮、磷的去除效果及规律研究[J]. 环境科学学报, 1998, 18(5): 489 - 494.
- [3] 金相灿, 等. 湖泊富营养化调查规范[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
- [4] Masahiro S, et al. Characterization of dissolved organic phosphorus in coastal seawater using ultrafiltration and phosphohydrolytic enzymes[J]. *Limnol Oceanogr*, 1998, 43(7): 1 553 - 1 564.
- [5] 朱小明, 等. 厦门港小型浮游生物对可溶性活性磷和再生通量的季节变化[J]. 厦门大学学报(自然版), 1997, 36(1): 145 - 152.
- [6] 李春俭. 植物对缺磷的适应性反映及其意义[J]. 世界农业, 1999, 234: 35.