

水稻旱作下土壤水分状况和施用磷肥对红壤有效磷含量的影响*

何园球 樊剑波 李成亮 刘晓利 宋春丽

(中国科学院南京土壤研究所, 南京, 210008)

摘要 通过盆栽和模拟实验探讨了水分状况和施磷量对红壤有效磷的影响。结果表明, 水分状况和施磷量均显著地影响红壤有效磷含量, 二者的交互作用达极显著水平; 同时也均显著地影响水稻生物量和对磷的吸收量, 二者的交互作用达显著和极显著水平。红壤有效磷含量基本上随红壤水分含量和施磷量的增加而提高, 随水稻生长时间的延长而降低; 水稻的生物量和对磷的吸收量均随施磷量的增加和水稻生长时间的延长而增加, 但以中水条件下最高。在保证 80% 的饱和持水量和常规氮和钾等养分投入条件下, 施磷量为 67.5 kg hm^{-2} 可以满足水稻旱作的生长需求。

关键词 旱作水稻; 土壤水分; 施磷量; 有效磷含量

中图分类号 S154.4 **文献标识码** A

在我国红壤地区, 由于特殊的成土母质和过程以及气候条件, 导致红壤可溶性磷素供应不足, 进而制约其植物有效性, 使磷素成为该地区农业生产的重要限制因素。研究表明, 改善和影响红壤有效磷含量的方法和措施有很多, 如施用磷肥、有机肥, 种植制度的改变的和田间管理等^[1-3]。

我国红壤丘陵地区以山丘岗地为主, 淹水种植水稻的区域十分受限, 而采用水稻旱作同样能获得较高的产量^[4], 因此, 在该地区推广水稻旱作前景十分广阔。但在这种新的栽培系统下, 水分条件的改变和磷肥用量的不同将影响红壤有效磷的含量, 且这方面的研究较少, 值得深入探讨。因此, 通过培育试验和盆栽试验来探讨红壤水分状况和施磷量对红壤有效磷含量的影响, 可为南方丘陵地区推广水稻旱作的合理灌溉和磷肥施用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计与管理

试验用土壤为第四纪红黏土发育的栽种 10 a 水稻后所形成的轻度发育的水稻土(无磷处理), 采自中国科学院红壤生态实验站(北纬 $28^{\circ}15'20''$, 东经 $116^{\circ}55'30''$)。该区为中亚热带温热多雨气候, 地形为低丘岗地。试验分为水稻盆栽试验和培育试验(用 300 ml 塑料瓶装土, 每瓶装风干土 200 g, 在 30°C 恒温下进行)两部分。磷处理为 4 个水平: 盆栽试验为 P_0 、7.5、15 和 30 mg kg^{-1} 土; 培育试验为 P_0 、15、30 和 60 mg kg^{-1} 土; 4 种磷水平分别称为无磷 (P_0)、低磷 (P_1)、中磷 (P_2) 和高磷 (P_3)。N 和 K 用量均为 100 mg kg^{-1} 土。土壤水分含量设置为土壤饱和含水量的 60%、80% 和 100%, 分别称为低水 (W_1)、中水 (W_2) 和高水 (W_3)。无论盆栽试验还是培育试验, 每个处理重复 3 次。

水稻盆栽试验在玻璃温室里进行, 供试水稻品种为当地高产优质的赣优 2 号, 小钵共计 90 盆,

* 国家自然科学基金面上项目 (No. 30971869)、中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KZCX2-YW-438)、国家科技支撑计划课题 (2009BAD6B04) 和国家水体污染控制与治理科技重大专项课题 (2008ZX07101-006-06) 资助
作者简介: 何园球 (1955—), 男, 湖北浠水人, 博士, 研究员, 长期从事农业生态学方面的研究。E-mail:

yqhe@mail.issas.ac.cn

收稿日期: 2009-12-11; 收到修改稿日期: 2010-07-07

每钵装土 2.5 kg，播种 3 穴，每穴两粒种子，出苗后 30 d、60 d 各取出 45 盆采集土壤样品；大钵共计 45 盆，每钵装土 7.0 kg，播种 4 穴，每穴两粒种子，水稻成熟时（120 d）收割采土样。培育试验在 30 ℃恒温箱中无光的条件下进行，通过称重的方法每 3 天加水一次，维持土壤含水量恒定。分别于试验后 0、5、15、30、45 和 60 d 共采样 6 次。

1.2 分析方法

采用 Olsen 方法浸提，钼蓝比色法测定土壤有效磷含量^[5]。

1.3 数据统计与分析

用数据统计软件 DPS 2.0 进行数据统计分析，不同处理间的差异显著性用新复极差法进行比较。

2 结果与讨论

2.1 盆栽条件下水分状况和施磷量对红壤有效磷含量的影响

2.1.1 水分状况和施磷量对红壤有效磷含量的影响 水分状况对红壤有效磷含量的影响见表 1。在盆栽试验中等磷肥用量下，土壤水分状况和采样时间对红壤有效磷含量有极显著的影响，且二者间的交互作用明显。与试验前相比，栽种水稻 30、60 和 120 d 后，低水处理中红壤有效磷含量分别降低了 18.42%、49.08% 和 53.41%，中水处理分别降低了 15.17%、44.42% 和 39.33%，高水处理则分别降低了 7.58%、26.33% 和 35.32%。因此，水分含量对红壤有效磷含量的影响依次为：高水处理>中水处理>低水处理。其原因可能是土壤水分影响了土壤化学性质，如 pH 和氧化还原电位等，进而影响了土壤有效磷含量。无论是何种水分处理下，栽种水稻后红壤有效磷含量均明显下降，且随栽种时间的延长而降低。这些均说明随着水稻的生长和土壤含水量的下降，土壤中有效磷含量逐渐地降低。

表 1 施磷量为 15 mg kg⁻¹ 土条件下土壤水分对旱作水稻土壤有效磷含量的影响
Table 1 Effect of soil moisture on available P contents (mg kg⁻¹) under aerobic rice cultivation in the pot experiment with P application rate being 15 mg kg⁻¹ soil

土壤含水量 Soil moisture	试验前 Pre-treatment	试验天数 Treatment time			显著性检验 Significance test	
		30 d	60 d	120 d		
W ₁		7.53 c ¹⁾	4.70 h	4.30 i	W ²⁾	<0.01
W ₂	9.23	7.83 b	5.13 g	5.60 f	D ³⁾	<0.05
W ₃		8.53 a	6.80 d	5.97 e	W×D	<0.01

1)表中同一字母表示用新复极差测验多重比较 (Duncan`s) $p<0.01$ 水平无显著性差异 The same letters following the data in the same column mean that the differences between the treatments are insignificant by Duncan`s test. 2)W, 土壤水分处理 Soil moisture treatments. 3)D, 采样时间 Sampling time. 下表同 The same below

施磷量对红壤有效磷含量的影响见表 2。可以看出，施磷量和采样时间对红壤有效磷含量有极显著的影响，且二者间的交互作用明显。与试验前相比，除高磷处理 (P₃) 外，各磷肥处理栽种水稻后红壤有效磷含量均明显地下降，且随栽种时间的延长而降低，其原因与前文论述的相同。不同磷肥用量处理下红壤有效磷含量依次为：高磷处理>中磷处理>低磷处理>无磷处理。在水稻生长过程中，高磷处理中红壤有效磷含量始终高于试验前，而其他处理的有效磷含量的变化趋势则与高磷处理的相反。这表明仅高磷处理的磷肥用量不仅可以满足水稻生长发育的需要，弥补红壤对磷素的吸附固定，而且提高红壤溶液中的有效磷含量。因此，施用磷肥是提高红壤有效磷含量的有效措施

之一^[6]。

表 2 80%的饱和持水量条件下施磷量对旱作水稻土壤有效磷含量的影响

Table 2 Effect of P fertilization on soil available P contents (mg kg⁻¹) under aerobic rice cultivation in the pot experiment with soil moisture content being 80% of the soil saturation moisture capacity

施磷量 P application	试验前 Pre-treatment	试验天数 Treatment time			显著性检验 Significance test	
		30 d	60 d	120 d		
P ₀		4.60 h	4.40 i	2.40 k	P ¹⁾	<0.01
P ₁	9.23	6.23 e	4.70 h	3.30 j	D	<0.01
P ₂		7.83 d	5.13 g	5.60 f	P×D	<0.01
P ₃		11.53 a	9.97 b	9.60 c		

1)P, 施磷处理 Phosphorus application rate

表 3 表明, 除 60 d 时水分处理外, 红壤水分状况和磷肥施用量对红壤有效磷的影响均达到显著水平, 且二者间的交互作用极显著。

表 3 盆栽试验中水分状况、施磷量及其交互作用对红壤有效磷含量的影响

Table 3 Effects of soil moisture, P fertilization and their interaction on soil available P contents in the pot experiment

变异分析 Variances analysis	30 d	60 d	120 d
P	<0.01	<0.01	<0.01
W	<0.05	0.29	<0.05
P×W	<0.01	<0.01	<0.01

在水稻生长期, 土壤有效磷含量随着施磷量和土壤含水量的增加而上升, 但不同水分水平间增加的幅度较小, 不同施磷水平间除高磷处理增加幅度很大外, 其他增加幅度小。同时, 在 30 d 时, 土壤有效磷含量增加的幅度较大, 而在 60 d 和 120 d 时增加的幅度较小 (图 1)。这说明磷肥施入土壤后, 30 d 内土壤固液相基本达到平衡状态。这与姜运生等^[6]的研究结果类似。

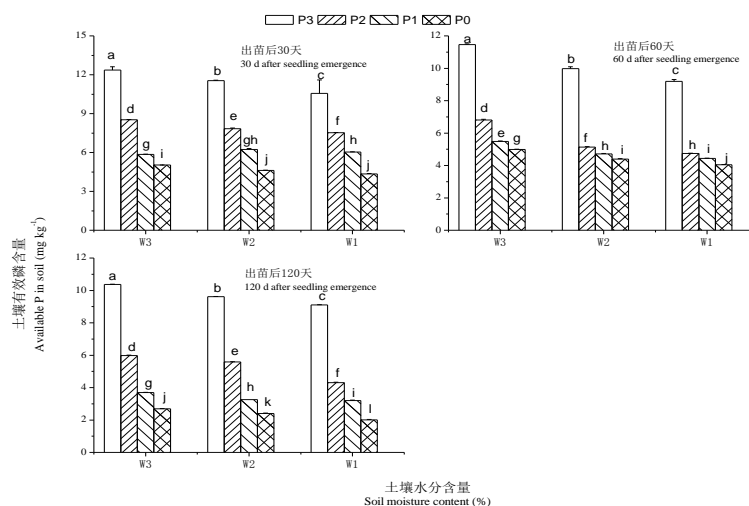


图 1 红壤水分状况和施磷量对红壤有效磷的影响

Fig. 1 Effect of soil moisture and P fertilization on soil available P contents in the pot experiment

2.1.2 水分状况和施磷量对水稻生物量和磷素吸收的影响 水分状况和施磷量对水稻生物量影响见

表 4。可以看出，盆栽条件下，旱作水稻的生物量随着生育期的延长显著增加，不同水分和施磷处理对生物量的影响显著。随着土壤水分条件的变化，各生育期生物量变化明显，且呈现较为一致的规律。除 60 d 时 P₃ 处理和 120 d 时 P₀ 处理外，水稻生物量均表现为中水处理>高水处理>低水处理。随着供磷水平的提高，植株生物量显著增加，仅在 60 d 时 W₃P₃ 处理下较相邻处理有明显下降。土壤水分和施磷量二者间的交互作用除对苗期时生物量的交互作用不明显外，对其他均表现明显的交互作用（表 6）。

表 4 水分状况和施磷量对旱作水稻生物量的影响

Table 4 Effect of soil moisture and P fertilization on biomass of rice (g pot⁻¹) under aerobic cultivation

处理 Treatment	30 d			60 d			120 d		
	W ₁	W ₂	W ₃	W ₁	W ₂	W ₃	W ₁	W ₂	W ₃
P ₀	0.54Bd	0.71Ad	0.59Bd	3.25Cc	4.56Ab	3.96Bc	22.95Bc	41.06Ac	41.80Ac
P ₁	1.51Cc	2.28Ac	1.88Bc	12.65Bb	16.55Aa	16.14Aab	70.89Bb	83.85Ab	83.62Ab
P ₂	2.16Cb	3.13Ab	2.49Bb	14.47Ca	16.63Aa	18.20Aa	89.23Aa	95.04Aa	93.89Aab
P ₃	2.66Ba	3.61Aa	3.23Aa	14.27Ba	18.54Aa	15.41Bb	92.76Aa	103.6Aa	98.80Aa

注：同行大写字母不同表示差异达 5%显著水平；同列小写字母不同表示差异达 5%显著水平。下同 Note: Different capital letters following the data in the same line indicate significant difference at 5%. And, different lowercase letters following the data in the same column indicate significant difference at 5%. The same below

水分状况和施磷量对水稻磷素吸收的影响见表 5。可以看出，盆栽条件下，旱作水稻吸磷量随着生育期的延长显著增加，磷吸收量以生长的后期>中期>前期，不同水分和施磷处理对生物量的影响显著。随着土壤水分条件的变化，水稻吸磷量也基本表现为中水处理>高水处理>低水处理。同样，随着供磷水平的提高，植株吸磷量增加显著，仅在 60 天时 W₃P₃ 处理下较相邻处理有明显下降。土壤水分和施磷量二者间的交互作用除对苗期时生物量的交互作用不明显外，对其他均表现显著的交互作用（表 6）。

表 5 水分状况和施磷量对旱作水稻磷素吸收的影响

Table 5 Effect of soil moisture and P fertilization on P uptake of rice (mg pot⁻¹) under aerobic cultivation

处理 Treatment	30 d			60 d			120 d		
	W ₁	W ₂	W ₃	W ₁	W ₂	W ₃	W ₁	W ₂	W ₃
P ₀	0.36Cd	0.59Ad	0.41Bd	2.10Bc	2.89Ac	2.88Ac	9.53Cc	16.17Bd	20.89Ad
P ₁	2.61Bc	3.72Ac	2.29Cc	10.09Bb	13.38Ab	12.69Ab	35.26Bb	41.18Ac	37.36ABc
P ₂	4.86Bb	5.61Ab	3.70Cb	14.78Ba	14.98Bb	17.23Aa	49.04Aa	53.91Ab	48.18Ab
P ₃	7.21Aa	7.85Aa	5.83Ba	16.07Ba	18.01Aa	16.02Ba	53.09Ba	72.10Aa	69.56Aa

水分状况和施磷量的交互作用对水稻生物量和磷素吸收的影响见表 6。综合旱作水稻生物量和吸磷量的结果，可以看出，在不同供磷水平下，中水处理均能使水稻较快生长，其吸磷能力也高于低水和高水处理；而在本试验条件下，提高供磷水平显著增加了水稻的生物量和吸磷量，且在不同水分条件下均呈现相同规律。

表 6 水分状况和施磷量的交互作用对旱作水稻生物量和磷素吸收的影响

Table 6 Interaction of soil moisture and P fertilization on biomass and P uptake of rice under aerobic cultivation

变异分析 Variances analysis	生物量 Biomass			吸磷量 P uptake		
	30 d	60 d	120 d	30 d	60 d	120 d
P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
W	<0.01	=0.13	<0.05	<0.05	=0.96	=0.11
P×W	=0.70	<0.01	<0.05	=0.14	<0.05	<0.01

2.2 培育条件下水分状况和施磷量对红壤有效磷含量的影响

培育条件下水分状况对红壤有效磷含量的影响见表 7。在中磷处理下，土壤水分对培育试验的红壤有效磷含量有极显著的影响，不同采样时间对其影响不显著，二者间存在明显的交互作用。与试验前相比，无论是何种水分处理下，红壤有效磷含量均随采样时间的延后而提高，但影响不显著。不同水分处理下红壤有效磷含量依次为：中水处理>高水处理>低水处理。

表 7 施磷量为 30 mg kg⁻¹ 土条件下土壤水分状况对培育红壤有效磷含量的影响Table 7 Effect of soil moisture on soil available P contents (mg kg⁻¹) under aerobic rice cultivation in the incubation experiment with P application rate being 30 mg kg⁻¹ soil

土壤含水量 Soil moisture	试验前 Pre-treatment	试验天数 Time					显著性检验 Significance test
		5 d	15	30 d	45 d	60 d	
W ₁		9.72 d	9.79 d	8.71 e	11.40 c	10.49 cd	W<0.01
W ₂	9.23	12.91 b	13.20 b	13.33 b	13.18 b	14.41 a	D=0.79
W ₃		9.96 d	10.27 d	10.11 d	10.33 d	8.29 e	W×D<0.01

施磷量对红壤有效磷含量的影响见表 8。在中水条件下，培育试验的施磷量和采样时间对红壤有效磷含量有极显著的影响，且交互作用明显。无论土壤水分条件如何，供试土壤有效磷含量均随施磷量的增加而提高；但低磷和中磷处理间的差异范围为 7.97~9.16 mg kg⁻¹，显著高于低磷和无磷处理间（0.22~3.97 mg kg⁻¹）及高磷和中磷处理间（1.40~2.89 mg kg⁻¹）的差异。在低磷和中磷处理中，供试红壤有效磷含量随培育时间的延长而升高；然而在无磷和高磷处理中，则无类似的趋势规律，而是呈现一定的波动。当施磷量等于或超过 30 mg kg⁻¹ 土时，任何采样时间下的土壤有效磷含量始终高于试验前的含量。这些均说明，施磷量为 30 mg kg⁻¹ 土可能是迅速提高土壤有效磷含量的阈值，这不仅对磷素的土壤化学行为极为重要，而且对该地区的农业生产和培肥地力也具有重要的意义。

表 8 80% 的饱和持水量条件下施磷量对培育土壤有效磷含量的影响

Table 8 Effect of P fertilization on soil available P contents (mg kg⁻¹) under aerobic rice cultivation in the culture experiment with soil moisture content being 80% of the soil saturation moisture capacity

施磷量 P application	试验前 Pre-treatment	试验天数 Time					显著性检验 Significance test
		5 d	15 d	30 d	45 d	60 d	
P ₀		3.52	0.91	3.15	8.63	3.41	P<0.01
P ₁	9.23	3.74h	4.87fg	4.12gh	5.20ef	5.93e	D<0.01

P ₂	12.90d	13.20d	13.32d	13.17d	14.41c	P×D<0.01
P ₃	15.55b	16.09ab	14.47c	15.50b	16.83a	

培育条件下水分状况和施磷量及其交互对红壤有效磷含量的影响见表 9。施磷量仅对培育 45 d 和 60 d 的红壤有效磷含量存在显著的影响；在整个培育过程中，红壤水分状况对红壤有效磷含量没有显著的影响；红壤水分状况和施磷量对红壤有效磷含量表现出极显著的交互作用。

表 9 红壤水分状况、施磷量及其交互作用对培育土壤有效磷的影响

Table 9 Effects of soil moisture, P fertilization and their interaction on soil available P content in the incubation experiment

变异分析 Variances analysis	5 d	15 d	30 d	45 d	60 d
P	0.14	0.06	0.08	<0.05	<0.05
W	0.56	0.62	0.59	0.32	0.50
P×W	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

在培育过程中，红壤有效磷含量以低水高磷处理为最高，低水低磷处理为最低；除 60 d 和低水高磷处理外，供试土壤有效磷含量随土壤含水量和施磷量的增加而上升。不同采样时间下供试土壤有效磷含量差异不显著（图 2）。

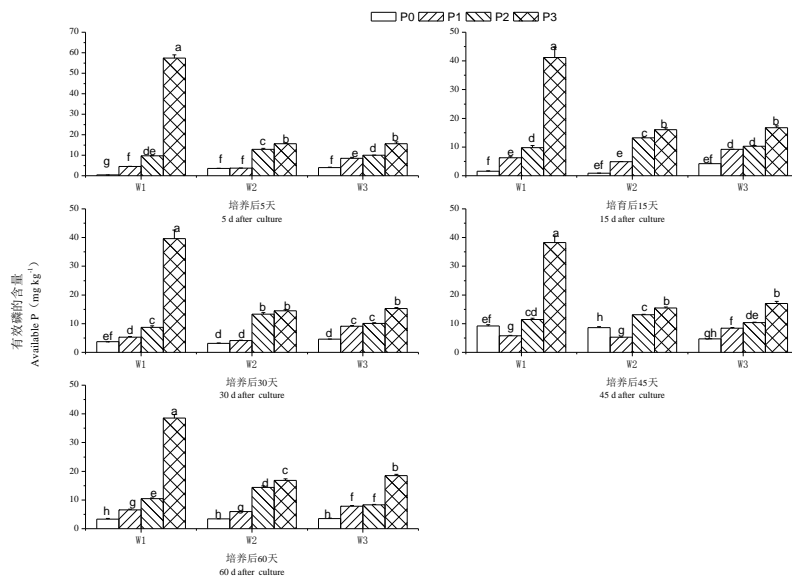


图 2 红壤水分状况和施磷量对培育土壤有效磷的影响

Fig. 2 Effect of soil moisture and P application on soil available P contents in the incubation experiment

3 讨论

土壤水分管理不仅直接影响农业生产，而且还制约着土壤养分有效性，特别是磷素有效性。盆栽结果表明，不同水分处理下红壤有效磷含量依次为：高水处理>中水处理>低水处理。这与前人研究结果基本一致^[7-9]。主要是因为土壤水分通过改变土壤中氧化还原状态和土壤 pH 影响土壤有效磷含量。在淹水还原状态下，Fe³⁺被还原成溶解度更高的 Fe²⁺，部分被氢氧化铁所吸持固定的闭蓄态磷得以释放^[10-11]，提高了红壤有效磷含量；此外，土壤中化学物质的转化和有机物质的分解导致土壤的 pH 降低^[1, 12-13]，减弱了土壤对离子形态磷的吸附固定，增加红壤有效磷含量。

与盆栽试验不同的是培育试验在 80% 的饱和持水量条件下红壤有效磷含量最高，这一结果未曾

见报道, 但盆栽试验早稻生物量及吸磷量的分析结果表明, 在不同生育期各施磷处理下, 在 80% 的饱和持水量条件下均能不同程度地增加植株生物量及磷素吸收量。这对于盆栽试验来说, 由于水稻的大量吸收降低了土壤有效磷含量, 而对于培育试验来说, 由于不种植水稻而使土壤中有效磷含量增加。这一结果为培育试验在 80% 的饱和持水量条件下较高的有效磷含量提供了依据。

培育试验和盆栽试验的结果均表明, 红壤有效磷含量随施磷量的增加而提高, 并且当施磷量等于或高于中磷处理时, 红壤中的有效磷含量显著高于试验前的含量; 而在盆栽试验中只有当施磷量高于高磷处理才达到类似效果。从试验设计可以看出, 二者的施磷量实际上是相同的, 均是 $P\ 30\ \text{mg}\ \text{kg}^{-1}\ \text{土}$, 相当于 $P\ 67.5\ \text{kg}\ \text{hm}^{-2}$ 的施用量 (按照 $2.25 \times 10^6\ \text{kg}\ \text{土}\ \text{hm}^{-2}$)。对于盆栽试验而言, 在该施磷量下, 水稻的栽培与否未对红壤有效磷含量造成显著的影响。两个试验的不同之处为, 盆栽试验红壤有效磷含量随采样时间的延长而降低, 但是培育试验中红壤有效磷含量随采样时间的延长也升高。其原因为盆栽试验中水稻的生长发育过程中, 有部分有效磷被植株吸收利用, 从而降低了红壤有效磷的含量。

4 结 论

1) 红壤水分状况和施磷量对红壤有效磷含量和水稻吸收磷量均有显著的影响, 二者的交互作用达到极显著水平。

2) 红壤中有效磷含量, 在盆栽条件下随着施磷量和水分含量的升高的增加, 在培育试验条件下, 以中水和高磷处理最高; 水稻生物量和吸收磷量以中水和高磷处理最高。

3) 旱作水稻适合在有一定水源的红壤丘岗地区种植, 在生育前期要保持较好的水分状况, 中后期对水分的要求较低要控制水分; 磷肥可作基肥全部施入, 以满足茎秆前期和中期的发育, 使更多的磷转移至水稻籽粒中并获得更高的产量。在保证 80% 的饱和持水量和常规氮、钾等养分投入条件下, 施磷量为 $P\ 67.5\ \text{kg}\ \text{hm}^{-2}$ 就可以满足水稻旱作的生产需要, 获得较好的水稻籽粒产量。

参 考 文 献

- [1] 彭娜, 王凯荣, Buresh R J, 等. 不同水分条件下施用稻草对土壤有机酸和有效磷的影响. 土壤学报, 2006, 43(2): 347-351. Peng N, Wang K R, Buresh R J, et al. Effect of rice straw incorporation on concentration of organic acids and available phosphorus in soil under different water regimes (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2006, 43(2): 347-351
- [2] 富东英, 张清, 侯中田. 松嫩平原黑土区施肥与土壤有效磷累积关系的研究. 天津农学院学报, 2006, 13(2): 17-20. Fu D Y, Zhang Q, Hou Z T. Study on relationship between fertilizer application and available phosphorus accumulation of soils in black earth zone of Songnen Plain (In Chinese). Journal of Tianjin Agricultural University, 2006, 13(2): 17-20
- [3] 杨旭, 李国先, 于欣元, 等. 农地利用方式与土壤有效磷质量分数的关系. 水土保持科技情报, 2005(3): 4-5. Yang X, Li G X, Yu X Y, et al. The relationship of farmland use patterns and available P mass fraction in soil (In Chinese). Scientific and Technological Information of Soil and Water Conservation, 2005(3): 4-5
- [4] 石英, 沈其荣, 茆泽圣, 等. 旱作条件下水稻的生物效应及表层覆盖的影响. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(3): 271-277. Shi Y, Shen Q R, Mao Z S, et al. Biological response of rice crop cultivated on upland soil condition and the effect of mulching on it (In Chinese). Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2001, 7(3): 271-277
- [5] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 180-181. Lu R K. Analytical methods for soil

- and agricultural chemistry (In Chinese). Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1999: 180-181
- [6] 娄运生, 李忠佩, 张桃林. 不同水分状况及施磷量对水稻土中速效磷含量的影响. 土壤, 2005, 37(6): 640-644.
Lou Y S, Li Z P, Zhang T L. Change available P content in paddy soils as affected by phosphate fertilization and soil moisture regime (In Chinese). Soils, 2005, 37(6): 640-644
- [7] Phillips I R. Phosphorus availability and sorption under alternating waterlogged and dry conditions. Comm Soil Sci Plant Anal, 1998, 29(19/20): 3 045-3 059
- [8] Pothuluri J, Kissel D, Whitney D, et al. Phosphorus uptake from soil layers having different soil test phosphorus levels. Agronomy Journal, 1986, 78: 991-994
- [9] 鲁如坤. 土壤-植物营养学原理和施肥. 北京: 化学工业出版社, 1998. Lu R K. Principal of soil-plant nutrition and fertilization (In Chinese). Beijing: Chemical Industry Press, 1998
- [10] 何园球, 李成亮, 王兴祥, 等. 土壤水分含量和施磷量对旱作水稻磷素吸收的影响. 土壤学报, 2005, 42(2): 628-634. He Y Q, Li C L, Wang X X, et al. Effect of soil moisture content and phosphorus application on phosphorus uptake by rice cultivated in aerobic soil (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2005, 42(2): 628-634
- [11] Willett I R, Cunningham R B. Influence of sorbed phosphate on the stability of ferrous hydrous oxides under controlled pH and Eh conditions. Aust J Soil Res, 1983, 21: 301-308
- [12] 栾书荣, 汪晓丽, 洪岚, 等. 土壤中掺入不同植物材料对其 pH 的影响. 扬州大学学报: 农业与生命科学版, 2005, 26(3): 62-65. Luan S R, Wang X L, Hong L, et al. Effects of incorporation of plant materials on soil pH during short-term incubation (In Chinese). Journal of Yangzhou University: Agricultural and Life Science Edition, 2005, 26(3): 62-65
- [13] Holford I C R, Patrick Jr W H. Effects of reduction and pH changes on phosphate sorption and mobility in and mobility in and acid soil. Soil Sci Soc Am J, 1979, 43: 292-297

Effect of soil moisture and phosphorus application on concentration of available phosphorus in red soil under aerobic rice cultivation

He Yanqiu Fan Jianbo Li Chengliang Liu Xiaoli Song Chunli
(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract Pot and incubation experiments were carried out to study effects of soil moisture and phosphorus (P) application on soil available P content in a new rice cultivation system, i.e. aerobic cultivation of rice crop. In the experiments, significant effects were observed of both soil moisture and P fertilization, and more of the interaction between the two, on soil available P content, and on biomass and P uptake by rice, as well. The content of soil available P in the tested soil increased with increasing soil moisture and P application rate, but decreased with growth of rice. Biomass and P uptake of rice increased with increasing P application rate and growth period of the crop, and peaked when soil moisture was moderate in content. Therefore, when the rice field is ensured soil moisture being 80% of the soil saturation moisture capacity and conventional N and K input, P application at 67.5 kg hm⁻² is adequate to meet the P requirement of rice for growth in aerobic soil.

Key words Aerobic rice cultivation; Soil moisture; P application; Available P content