

文章编号: 1000-4025(2005) 12-2490-05

云南松根际 pH 与不同磷水平下 云南松幼苗根际 pH 变化^{*}

戴开结^{1,2}, 沈有信^{1,3*}, 周文君¹, 邓 云⁴, 李扬苹¹, 付 洁⁵

(1 中国科学院西双版纳热带植物园, 云南勐腊 666303; 2 中南林学院, 长沙 410004; 3 中国科学院研究生院, 北京 100039; 4 云南大学 生命科学学院, 昆明 650091; 5 西北农林科技大学, 陕西杨陵 712100)

摘 要: 通过滇中红壤区域现实林分中不同林龄云南松根际与非根际土的 pH 分析和不同磷处理水平下培养的云南松幼苗根际 pH 的测定, 探讨了云南松根际 pH 以及不同磷水平下云南松幼苗根际 pH 变化。结果表明, 低磷环境下云南松根际土和非根际土的 pH 值在 3.49 ~ 3.79 之间; 云南松根际土 pH 明显低于非根际土, 二者之间的差异极显著, 但在不同林龄组间差异不明显; 云南松幼苗能使根系周围 pH 下降, 随着供磷水平的降低, 云南松幼苗根系使根际 pH 降低的能力加强。本试验对云南松的研究结果与对其它一些树种进行研究所取得的结果有所不同, 根际酸化是云南松适应低磷环境的有效反应之一。

关键词: 云南松; 根际; pH; 磷; 环境; 土壤

中图分类号: Q948.118 文献标识码: A

Rhizosphere pH of *Pinus yunnanensis* Franch. and Rhizosphere pH of *P. yunnanensis* Seedlings at Different Phosphorous Rates

DAI Kai-jie^{1,2}, SHEN You-xin^{1,3*}, ZHOU Wen-jun¹, DENG Yun⁴, LI Yang-ping¹, FU Jie⁵

(1 Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Mengla, Yunnan 666303, China; 2 Central South Forestry University, Changsha 410004, China; 3 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 4 School of Life Science, Yunnan University, Kunming 650091, China; 5 Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaan xi 712100, China)

Abstract: The rhizosphere pH value of *Pinus yunnanensis* Franch. in the *P. yunnanensis* forests at different ages of the stands located in the red-soil regions of central Yunnan province, and the rhizosphere pH value of *P. yunnanensis* seedlings treated with different phosphorus rates were measured to study rhizosphere pH of *P. yunnanensis* and rhizosphere pH value of *P. yunnanensis* seedlings fertilized at different phosphorous rates. The results showed the rhizosphere and non-rhizosphere pH value of *P. yunnanensis* ranged within 3.49 ~ 3.79 under low-phosphorous circumstances; *P. yunnanensis* had a remarkably lower pH in its rhizosphere than that in its non-rhizosphere and the difference reached a extremely significant level, but there were insignificant differences among the rhizosphere pH value of *P. yunnanensis* in *P. yunnanensis* forests of different age groups; the *P. yunnanensis* seedlings could lower its rhizosphere pH and its pH-decreasing capacity increased with the phosphorous rates reduced. The results of this study about *P. yunnanensis* are different from the results of other studies about tree species other than *P. yunnanensis* to

* 收稿日期: 2005-06-23; 修改稿收到日期: 2005-11-03
基金项目: 云南省自然科学基金项目(2002C006M)
作者简介: 戴开结(1966-), 男, 云南金平人, 副研究员, 博士生, 现主要从事经济林木育种等方面的研究, E-mail: dkj@xtbg.ac.cn
* 通讯联系人, Correspondence to: SHEN You-xin, E-mail: yxshen@xtbg.ac.cn

some extent and rhizosphere acidification is one of the effective responses of *P. yunnanensis* to low-phosphorous environments.

Key words: *P. yunnanensis*; rhizosphere; pH; phosphorous; environment; soil

根际酸度调整是植物改善根际磷有效性的最重要手段之一^[1,2]. 近年来, 有关植物通过根际酸化适应低磷环境和有效利用土壤磷素资源的机制引起了人们广泛的研究兴趣^[3~7]. 例如, 一些田间和温室实验结果表明, 在澳大利亚西部的许多土壤上矿物态磷与传统的可溶性磷肥一样有效^[8], 而 Hughes 和 Gilkes^[9] 的实验表明, 这些土壤中矿物态磷的溶解是酸化的结果. 同样, Marschner^[10] 发现白羽扇豆在缺磷土壤中形成排根, 排根分泌的有机酸能降低根际土壤中的 pH 值以促进其对磷的吸收, 而 Gillespie 等^[11] 对紫花苜蓿增强胡桃木磷吸收的研究指出, 磷的溶解是由于紫花苜蓿在固氮过程中过量吸收 NH_4^+ 增加质子外溢从而酸化了根际环境的结果, Hoffland 等^[12,13] 试验表明, 油菜 (*Brassica napus* L.) 利用磷矿粉的能力强, 主要原因是在磷缺乏条件下油菜根尖后 1~2 cm 处大量分泌的苹果酸和柠檬酸导致了根际酸化. 在国内, 王庆仁等^[14] 研究表明, 小麦根际土壤 pH 和有效磷含量均明显低于外围土壤, 表现出明显的根际效应特征, 根际 pH 降低是磷高效基因型小麦对土壤缺磷的一种诱导性根系适应机制, 对促进根际土壤难溶态磷的有效活化、吸收具有重要作用.

云南松 (*Pinus yunnanensis* Franch.) 以云南高原为起源和分布中心, 分布约占云南森林面积的 70%^[15], 其对低磷土壤环境表现出了很强的适应能力, 广泛分布并正常生长于贫瘠的低磷红壤上^[15,16]. 关于云南松对低磷环境适应机制方面的研究和报道至今还很少, 本研究通过处于低磷环境下的云南松现实林分根际 pH 分析和不同磷处理水平下培养的云南松幼苗根际 pH 变化实验, 以期揭示云南松的低磷适应机制.

1 材料与方法

1.1 现实林分土壤样品采集与 pH 测定

试验区样地位于云南省中部通海秀山森林公园 (24 8' ~ 24 12' N, 102 43' ~ 102 49' E) 的云南松林中, 于 2003 年 4 月 9 ~ 11 日取样, 用生长锥取心木确定树木年龄, 以 S 布点法选取同一等高线坡位 (2 000 m, NW) 的 115、65、45、25 a 林龄的有代表性的样树各 3 棵, 每棵树下按不同方向设 3 个取样点, 并尽量避免其它植物干扰. 用铁铲除去枯枝落叶层后, 用铁镐和铁锹小心沿树干基部挖去上层覆土, 逐段逐层沿侧根生长方向追踪, 找到须根部分, 剪下分枝, 小心将须根部分带土取出, 用小刀将距根 2 mm 以上的土壤轻轻剥离作为非根际土收集, 抖落其余土壤作为根际土并用小毛刷将不能抖落的粘附在根上的土轻轻刷下并入根际土^[17]. 将取自每棵样树的 3 个不同取样点的根际土和非根际土分别混合, 分别作为一个混合样带回实验室处理.

该区属中亚热带高原季风气候, 年平均温度 15.6℃, 年均降水量 869.5 mm, 5 ~ 10 月份为雨季, 11 月到次年 4 月为旱季, 海拔 1 990 ~ 2 050 m, 土壤类型为红壤, 自然植被保护较好, 无严重人为破坏, 云南松生长良好. 在森林结构、组成及土壤类型上, 该类云南松林在滇中地区具有较强的代表性^[18]. 样地基本情况见表 1.

现实林分根际与非根际土 pH 值测定方法: 1 mol · L⁻¹ KCl 浸提 (土 : 水 = 1 : 2.5), 电极法测定.

1.2 幼苗培养及其根际 pH 测定

在云南省通海秀山森林公园内, 于 2003 年 1 月采集健壮云南松的成熟种子. 将种子在洗净的砂中

表 1 云南松样地基本情况

Table 1 Quadrat description of the *Pinus yunnanensis* forests

林龄 Age (a)	胸径 DBH (cm)	树高 Height (m)	pH	有机质 Organic matter (%)	全氮 Total N (%)	碱解氮 Available N (mg · kg ⁻¹)	全磷 Total P (%)	有效磷 Available P (mg · kg ⁻¹)
115	43	22.0	3.73	0.892	0.040 7	52.76	0.021 4	1.712
65	21.1	14.0	3.62	0.844	0.043 1	41.89	0.019 5	0.856
45	16.6	9.3	3.71	0.646	0.038 3	43.04	0.020 7	1.783
25	9.1	7.0	3.73	0.838	0.046 7	52.33	0.016 4	2.162

萌发成苗,之后将 2 周龄的幼苗分别移入装有 4 种不同磷(NaH_2PO_3) 处理水平(NP、MP、HP、MPO) 培养液的培养瓶中进行培养,即无磷(NP): $C_p=0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; 正常磷(MP): $C_p=62.4\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; 高磷(HP): $C_p=136\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; 正常磷老苗(MPO): $C_p=62.4\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. 每个处理 4 次重复,每个重复(每瓶)植 4 株小苗. 无磷、正常磷、高磷 3 个处理在 6 月龄时进行根际 pH 测定,正常磷老苗处理的磷水平与正常磷处理相同,只是在 12 月龄时进行根际 pH 测定.

幼苗培养过程中,除磷浓度差异外,其它条件保持相同. 培养液无磷部分采用改良 Hoagland 营养液配方^[19],大量元素($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$): KNO_3 : 0.51; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$: 1.18; $\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$: 0.49; KCl : 0.075. 微量元素($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$): H_2BO_3 : 2.86; $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$: 0.08; $\text{ZnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$: 0.22; $\text{MnCl}_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$: 1.81; H_2MoO_4 : 0.05; Fe-EDTA : 20. 整个培养过程在温室内进行,培养液 pH 在 5~6 之间,每瓶盛培养液约 200 mL,培养液每 5 天更换 1 次.

表 2 不同林龄云南松根际土与非根际土 pH 值

Table 2 The pH value in rhizosphere and non-rhizosphere of the *Pinus yunnanensis* forests with different ages

样品 Sample	115 a			65 a			45 a			25 a		
	根际 (R)	非根际 (NR)	R-NR	根际 (R)	非根际 (NR)	R-NR	根际 (R)	非根际 (NR)	R-NR	根际 (R)	非根际 (NR)	R-NR
T1	3.61	3.77	-0.16	3.49	3.59	-0.10	3.56	3.61	-0.05	3.59	3.74	-0.15
T2	3.54	3.69	-0.15	3.55	3.58	-0.03	3.67	3.64	0.03	3.72	3.79	-0.07
T3	3.54	3.67	-0.13	3.63	3.77	-0.14	3.63	3.79	-0.16	3.64	3.77	-0.13
平均 Average	3.56	3.71	-0.15	3.56	3.65	-0.09	3.62	3.68	-0.06	3.65	3.77	-0.12

表 3 不同磷处理水平下云南松幼苗根际 pH 值变化

Table 3 Rhizosphere pH value of the *Pinus yunnanensis* seedlings at different P rates

处理 Treatment	处理时间 Determined time									
	0 h	2 h	5 h	8 h	11 h	24 h	34 h	48 h	54 h	72 h
NP1	6.4	5.0	5.6	5.6	5.8	5.0	4.2	4.8	4.6	4.6
NP2	6.4	5.0	5.6	5.6	5.6	5.0	4.2	4.8	5.2	5.2
NP3	6.4	5.0	5.4	5.6	5.8	5.4	5.4	5.2	5.2	5.4
NP4	6.4	5.0	5.4	5.6	5.6	5.4	4.2	4.8	4.6	4.6
MP1	6.4	4.8	5.2	5.2	5.4	5.4	4.4	4.8	4.6	4.8
MP2	6.4	5.2	5.6	6.0	6.0	5.4	4.8	4.8	4.6	4.4
MP3	6.4	5.6	6.0	5.8	5.8	6.0	6.0	4.8	4.6	4.8
MP4	6.4	5.2	5.8	6.0	6.0	5.6	5.2	5.6	5.4	4.4HP1
HP2	6.4	5.8	5.8	6.2	6.0	5.6	5.6	5.6	5.8	5.8
HP3	6.4	5.8	5.4	5.8	6.0	5.0	5.0	5.2	4.8	5.0
HP4	6.4	5.8	5.8	6.2	6.0	5.0	5.0	5.2	5.6	5.2
MPO1	6.4	5.2	5.0	4.8	4.8	4.2	4.4	4.8	4.8	4.8
MPO2	6.4	5.2	5.0	4.8	4.8	4.2	4.4	4.8	4.8	4.8

注: NP. 无磷; MP. 正常磷; HP. 高磷; MPO. 正常磷老苗.
Note: NP, MP and HP. mean zero P rate, normal P rate and high P rate, respectively; MPO means stanted seedlings at the normal P rate.
© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

2.2 不同磷处理水平下云南松幼苗根际 pH 变化

表 3 表明, 云南松幼苗能使根系周围 pH 下降, 在 72 h 的观察中, 无磷、正常磷、高磷以及正常磷老苗 4 种处理的云南松幼苗根系周围 pH 值都从 6.4 下降到了 6.0 及其以下. 4 种处理中, 正常磷老苗处理的 pH 下降最多, 最低平均值达到了 4.2. 而在无磷、正常磷、高磷 3 种同龄苗中, 无磷处理的 pH 下降最多, 正常磷其次, 高磷下降最少, 尤其在前 48 h 内, 这种趋势比较清晰.

表 3 显示, 正常磷老苗处理 pH 最低值出现时间在第 24 d, 而无磷、正常磷、高磷 3 种处理的 pH 最低时间都出现在第 34 d. 出现 pH 次低谷的时间, 无磷和正常磷处理在第 2 d, 高磷处理相对较晚, 出现在第 5 d, 而正常磷老苗处理没有次低谷, 全程只有一个低谷, 出现在第 24 d. 总体说来, 在无磷、正常磷、高磷 3 种处理中, 高磷处理的 pH 下降最慢、下降幅度最小, 无磷处理则相反, 正常磷处理则居中. 这说明, 随着磷浓度的降低, 云南松幼苗根系使根际 pH 降低的能力加强.

3 讨 论

pH 值与磷的各种酸根之间存在竞争关系的各种阴离子和能与磷形成沉淀物的各种阳离子(如 Ca、Fe 和 Al)决定着无机磷在土壤中的各种化学反应过程^[20]. 缺磷时, 植物一方面通过根系形态变化等来扩大根系与土壤磷的接触面积, 提高植物对磷的吸收效率^[21~23]; 另一方面, 植物还能通过一些主

动过程来调整根际化学和微生物状况, 增加根际磷的有效性, 其中一个重要的方面就是根际酸化. pH 值的降低, 一方面有利于难溶性 Ca-P 的溶解、转化^[24]; 另一方面还可增加代换态磷, 提高土壤磷的有效性. 本研究结果显示, 现实林分云南松根际土的 pH 值显著低于非根际土, 根际土与非根际土之间的 pH 差异达到了极显著水平, 而随着供磷水平的降低, 云南松幼苗根系使根际 pH 降低的能力加强, 这是云南松适应低磷环境的有效反应之一.

根际 pH 值的变化是由于根系呼吸作用释放 CO₂ 以及在离子的主动吸收和根尖细胞伸长过程中分泌质子和有机酸所致^[25]. 由于不同树种所处的地理环境和根系生理活动不同, 导致了不同树种根际和非根际土 pH 值的不同. 表 2 表明, 云南松根际土和非根际土的 pH 值都很低(单个样本最高 pH 为 3.79, 最低为 3.49), 这明显低于栓皮栎、杉木、火炬松等树种根际土和非根际土的 pH(表 4), 而张学利等的研究表明, 樟子松林根际土和非根际土的 pH 值则还要更高(在 5.6~6.6 之间)^[26].

本试验对云南松的研究结果与其它一些树种有所不同. 例如, 由幼龄林(12 a)到中龄林(22 a)再到近熟林(31 a), 樟子松根际土和非根际土 pH 值均表现为下降趋势, 根际土与非根际土之间 pH 差异的幅度也随林龄的增大而增大^[26], 而且并不是根际土 pH 就比非根际土 pH 低, 栓皮栎的根际土 pH 比非根际土 pH 高^[25](表 4), 本研究结果表明, 不同林龄云南松根际土 pH 均低于非根际土.

表 4 几个树种根际土与非根际土 pH 差异比较

Table 4 Rhizosphere and non-rhizosphere pH value of several tree species

项目 Item	云南松(25 a) <i>P. yunnanensis</i>	云南松(45 a) <i>P. yunnanensis</i>	云南松(65 a) <i>P. yunnanensis</i>	云南松(115 a) <i>P. yunnanensis</i>	栓皮栎(41 a) <i>Q. variabilis</i>	杉木(11 a) <i>C. lanceolata</i>	火炬松(19 a) <i>P. taeda</i>
根际 Rhizosphere	3.65	3.62	3.56	3.56	4.74	4.77	4.90
非根际 Non-rhizosphere	3.77	3.68	3.65	3.71	4.52	4.89	5.18
根际与非根际间差异 The difference of rhizosphere and non-rhizosphere(%)	3.2	1.6	2.5	4.0	4.9	2.5	5.4

注: (1) 栓皮栎、杉木、火炬松资料来自参考文献[25]; (2) 根际与非根际间差异(%) = (非根际土 pH - 根际土 pH) / 非根际土 pH.
Notes: (1) The data about *Quercus variabilis*, *Cunninghamia lanceolata* and *Pinus taeda* are cited from reference paper [25]; (2) The difference percentages of rhizosphere and non-rhizosphere pHs = (non-rhizosphere pH - rhizosphere pH) / non-rhizosphere pH.

而单纯从根际土与非根际土之间 pH 差异的百分数看, 云南松与其它几种树种类似(表 4), 与张学利等对樟子松研究取得的结果也基本一致, 樟子松

根际土与非根际土之间 pH 差异的百分数是: 幼龄林(12 a) 2.9%、中龄林(22 a) 4.0%、近熟林(31 a) 5.3%^[26].

参考文献:

- [1] GEELHOED J S. Effects of sulphate and pH on the plant-availability of phosphate adsorbed on goethite[J]. *Plant and Soil*, 1997, **197**(2): 241– 249.
- [2] LI D H(李德华), HE L Y(贺立源), LIU W D(刘武定). Correlation between abiotic-stress in soil and organic-acid secretion by root[J]. *Journal of Wuhan Botanical Research*(武汉植物学研究), 2001, **19**(6): 497– 507(in Chinese).
- [3] BERTRAND I. Dynamics of phosphorus in the rhizosphere of maize and rape grown on synthetic, phosphated calcite and goethite[J]. *Plant and Soil*, 1999, **211**(1): 111– 119.
- [4] FRANK W S. Sulphur and phosphorus transport systems in plants[J]. *Plant and Soil*, 2001, **232**(1): 109– 118.
- [5] CHEN Yong-liang, GUO Yu-qiang, HAN Shi-jie. Effect of root derived organic acids on the activation of nutrients in the rhizosphere soil[J]. *Journal of Forestry Research*, 2002, **13**(2): 115– 118.
- [6] SHEN Y X(沈有信), ZHOU W J(周文君), LIU W Y(刘文耀), *et al.* Soil phosphatase and P availability in rhizosphere and non-rhizosphere of *Pinus yunnanensis*[J]. *Ecology and Environment*(生态环境), 2005, **14**(1): 91– 94(in Chinese).
- [7] MI G H(米国华), XING J P(邢建平), CHEN F J(陈范骏), *et al.* Maize root growth in relation to tolerance to low phosphorus[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Sciences*(植物营养与肥料学报), 2004, **10**(5): 468– 672(in Chinese).
- [8] BOLAN N S. A review of the use of phosphite rocks as fertilizers for direct application in Australia and New Zealand[J]. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 1990, 30: 297– 313.
- [9] HUGHES J C, GILKES R J. Rock phosphorus dissolution and bicarbonate-solute-P in some soil from South-Western Australia[J]. *Australian Journal of Research*, 1994, 32: 767– 769.
- [10] GYANESHWAR P, KUMAR G N, PAREKH L J. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants[J]. *Plant and Soil*, 2002, **245**(1): 83– 93.
- [11] GILLESPIE A R. Alfalfa N₂-fixation enhances the phosphorus uptake of walnut in interplantings[J]. *Plant and Soil*, 1989, 113: 291– 293.
- [12] HOFFLAND E. Solubilization of rock phosphate by rape. . Local root exudation of organic acids as a response to P-starvation[J]. *Plant and Soil*, 1989, 113: 161– 166.
- [13] HOFFLAND E, FINDENEGG G R, NELEMANS J A. Solubilization of rock phosphate by rape. . Evaluation of the role of the nutrient uptake pattern[J]. *Plant and Soil*, 1989, 113: 155– 160.
- [14] WANG Q R(王庆仁), LI J Y(李继云), LIZH SH(李振声). Adapted responses in the rhizosphere of P-efficient wheat genotype to stress of phosphorus deficiency[J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.*(西北植物学报), 2000, **20**(1): 1– 7(in Chinese).
- [15] 吴征镒, 朱彦承, 姜汉侨. 云南植被[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [16] 王文富. 云南土壤[M]. 昆明: 云南科学出版社, 1996: 228– 260, 420– 429.
- [17] SCOTT J T, CONDRON L M. Dynamics and availability of phosphorus in the rhizosphere of a temperate silvopastoral system[J]. *Biology and Fertility of Soil*, 2003, 39: 65– 73.
- [18] LIU W Y(刘文耀), LIU L H(刘伦辉), ZHENG ZH(郑征). Preliminary study on hydrologic function of differently structured *Pinus yunnanensis* forests in central Yunnan Province[J]. *Journal of Beijing Forestry University*(北京林业大学学报), 1992, **14**(2): 38– 45(in Chinese).
- [19] 上海植物生理学会. 植物生理学试验手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985: 60– 63.
- [20] HINSINGER P. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review[J]. *Plant and Soil*, 2001, 2: 173– 195.
- [21] TIAN ZH M(田中民), LI CH J(李春俭), WANG CH(王晨), *et al.* Comparative studies on organic acid exudation by tips of proteoid and non-proteoid roots of phosphorus-deficient white lupin[J]. *Acta Physiologica Sinica*(植物生理学报), 2000, **26**(4): 317– 322(in Chinese).
- [22] WASAKI J, YAMAMURA T, SHINANO T, *et al.* Secreted acid phosphatase is expressed in cluster roots of lupin in response to phosphorus deficiency[J]. *Plant and Soil*, 2003, **248**(1): 129– 136.
- [23] NIU X W(牛西午), DING Y CH(丁玉川), XU Q(徐强), *et al.* Effects of different phosphorus concentration on *Caragana microphylla* seedling growth and development[J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.*(西北植物学报), 2003, **23**(4): 622– 627(in Chinese).
- [24] HO I. Acid phosphatase activity in forest soil[J]. *For. Sci.*, 1979, 25: 567– 568.
- [25] LI W H(厉婉华). Studies on the differences of soil nitrogen and pH of rhizospheres and non-rhizospheres under oak, Chinese fir and Loblolly pine[J]. *Journal of Nanjing Forestry University*(南京林业大学学报), 1996, **20**(2): 49– 52(in Chinese).
- [26] ZHANG X L(张学利), YANG SH J(杨树军), ZHANG B X(张百习), *et al.* Comparative research on rhizosphere soil and non-rhizosphere soil properties in different stand age of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* stand-fixation forest[J]. *Journal of Fujian College of Forestry*(福建林学院学报), 2005, **25**(1): 1– 4(in Chinese).