植物营养与肥料学报 2002,8(1):35～39
Plant Nutrition and Fertilizer Science

不同植被对红壤养分含量及吸附-解吸性能的影响

曾希柏，刘更另
（中国农业科学院农业自然资源和农业区划研究所，北京 100081）

摘要：植被类型和生长状况，对土壤养分和土壤对 $H_2PO_4^-$ 的吸附-解吸及对 K^+ 的缓冲特性均具有较大影响。草灌乔植被下土壤中氮磷钾等养分的含量均较高，白茅植被下土壤有机质含量较高(21.16g/kg)，无植被处理下土壤有机质和养分含量均较低。3种类型植被下，土壤对 $H_2PO_4^-$ 吸附的 b 值以无植被＞白茅＞草灌乔，不同 $H_2PO_4^-$ 吸附范围内的解吸率以草灌乔相对较高，而无植被处理下则相对较低；对 K^+ 缓冲的 Q/I 曲线参数比较，Δk_0 值以草灌乔＞白茅＞无植被，AR_0 值为白茅＞无植被＞草灌乔，PBC_k 值为无植被＞白茅＞草灌乔。

关键词：植被；土壤养分；红壤；吸附-解吸；Q/I
中图分类号：S154.1　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1008-505X(2002)01-0035-05

Effects of vegetation types on soil nutrient contents and adsorb-desorption of red soil

ZENG Xi-bo, LIU Geng-ling
(*Inst. of Agric. Natural Resou. and Regional Planning, CAAS, Beijing 100081, China*)

Abstract: The vegetation types affected the nutrient contents of red soil firstly and then the adsorb-desorption of $H_2PO_4^-$ and the buffering capacity of K^+ by the red soil. There were higher nutrient contents of NPK etc. in herb-shrub-trees vegetation, and the higher content of OM in vegetation of cogongrass (*Imperata cylindrical* var. major), and the lowest contents of NPK and OM in no vegetation. Compared the three treatments, there was decreased from treatments of no vegetation, vegetation of cogongrass to herb-shrub-trees vegetation by the b value of $H_2PO_4^-$ adsorption by soil, and there was opposite tendency by desorption of $H_2PO_4^-$ in same desorption scope. Compared the parameters of K^+ buffering Q/I curve the ΔK_0 value decreased from herb-shrub-trees vegetation, vegetation of cogongrass to no vegetation, and the AR_0 value was from the vegetation of cogongrass, no vegetation to herb-shrub-trees vegetation, and the PBC_k value was no vegetation, vegetation of cogongrass to herb-shrub-trees vegetation in three treatments.

Key words: vegetation; soil nutrient; red soil; absorb-desorption; Q/I curve

植被是成土五因素之一，其类型及生长状况对土壤性质所产生的影响十分巨大。我国红壤地区水、热资源丰富，植物的生长十分迅速，且生物量大，因而对土壤性质的影响也较大。此前，刘更另、陈福兴等对该地区不同植被下土壤某些性质的变化进行过有关研究[1~5]；潘映华等研究了红壤地区不同植被下的土壤酶活性[6]。在有关研究的基础上，我们对南方红壤地区几种常见植被下的土壤养分状况及对 $H_2PO_4^-$ 的吸附-解吸和对 K^+ 的缓冲特性等进行了比较研究，以期为红壤地区生态环境的保护、防止红壤退化及退化红壤的恢复重建等提供依据。

收稿日期：2000-09-22
基金项目：国家自然科学基金(49631010)；“九五”科技攻关项目(96-004-03-12)资助。
作者简介：曾希柏(1965—)，男，湖南双峰县人，博士，现为中国农科院土肥所副研究员，主要从事土壤生态、土壤肥力等方面研究。

1 材料与方法

1.1 土壤样品的采集

样品采自湖南省冷水滩区中国农业科学院孟公山试验站内第四纪红土母质发育而成的、生长着不同植被的红壤上。原始基础养分含量为:pH值5.71、有机质4.27g/kg、全N 0.16g/kg、碱解N 21.2mg/kg、全P 0.22 g/kg、速效P 3.2mg/kg、全K 15.8g/kg、速效K 73.9mg/kg。3种植被类型分别为:

I. 草灌乔植被(HST) 植被生长良好、立体层次明显,植物类型包括油茶、灌木及草本植物;

II. 草本植物植被(CG) 以白茅草为主、植被生长一般,但无乔、灌木生长;

III. 无植被(NV) 处于自然裸露状态下红壤,基本上无植被生长,并受到一定的侵蚀。

上述3种植被类型均位于试验站内同一坡向,土壤立地条件基本一致,草灌乔处理中油茶系人工栽种(10年左右),白茅系自然状态下生长,无植被处理系冲刷试验小区土壤,位于上述2处理之间。各种植被均处于自然状态下,未进行人工施肥等活动。于1997年11月取0~20cm土层土壤,经自然风干后,留作有关理化分析用。

1.2 样品分析方法

$H_2PO_4^-$吸附解吸曲线的测定 参照Barrow N J等的方法[7,8],用KH_2PO_4分别配制pH 6.0、并含0.01 [1/2]mol/L $CaCl_2$的不同浓度的磷(P)标准液:0、5、10、15、25、40、60、90 mg/L。称取土壤若干份,每份重2.0g,然后分别加入不同浓度的标准液40mL,恒温(25±1℃)振荡48h,离心,测定清液中的$H_2PO_4^-$浓度,然后根据平衡液浓度和相应浓度下土壤中吸附的$H_2PO_4^-$量,计算吸附等温方程和绘制吸附等温曲线。将吸附完后的土壤称重,计算吸附液中残留量,然后加入25mL 0.01 [1/2]mol/L $CaCl_2$溶液,恒温(25±1℃)振荡1h,离心分离,测定离心液中$H_2PO_4^-$的浓度,并根据解吸液浓度变化计算不同吸附量下土壤中解吸的$H_2PO_4^-$量。根据需要设1~2次重复[7~12]。

K^+ Q/I曲线的测定 参照Bekket P H T等[13]的方法,用KCl分别配制含0.01 [1/2]mol/L $CaCl_2$的不同浓度的钾标准液:0、5、10、20、40、60、90、120 mg/L。称取土壤若干份,每份重5.0g,分别加入不同浓度的标准液25mL,振荡1h后恒温(25±1℃)平衡24h,然后离心,用EDTA络合滴定法测定清液中的Ca、Mg总量;火焰光度法测定清液中的K^+量;再根据有关方法[13~17],以土壤所获得或失去的钾量(ΔK)为纵坐标、平衡液中$K^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})^{1/2}$之比为横坐标获得Q/I曲线。

土壤养分等分析按常规方法[18]进行。

2 结果与分析

2.1 不同植被下土壤养分状况比较

3种不同植被状态下,土壤pH值、有机质及养分含量如表1。从表1可以看出,在不同的植被状态下,土壤pH、有机质及养分含量均具有较大的差异。其中pH值与植被状况密切相关,植被生长愈好则pH值愈低;有机质含量则以白茅植被下较高,累积快,其次是草灌乔植被;全N、全P和速效N、P、K含量则均以草灌乔植被下最高,白茅与无植被比较,土壤中P含量相对较高,但N、K的含量反而较无植被状态下低;全K含量则以无植被最高,达15.7g/kg。

上述3种植被下土壤理化性状的变化,说明在植被生长较好的前提下,由于其根系活性强、土壤微生物的代谢较强,分泌的有机酸亦较多,故pH值下降较快。无植被生长时则基本上是母质的pH值。同样地,植被生长也使得P、K等养分在土壤表层相对富集、提高了其有效性;微生物活性较强亦有利于N素在土壤中的固定,使土壤N素含量增加较快。而在白茅植被下,一方面由于地上部分白茅等草本植物的茎叶量较灌木、乔木大,残留在土壤中的量也较多,故土壤有机质的含量也相对较高;另一方面,由于白茅对养分的吸收量较大等原因,使土壤养分消耗相对增多,故部分养分的含量反而较无植被下低。这些结果说明植被的生长状况和类型对土壤性质的影响很大,保持良好的植被对防止土壤退化、促进土壤肥力发展是必不可少的;对红壤地区来说,防止土壤酸化将是十分重要的。

表1 三种植被下的土壤理化性质

Table 1 The physico-chemical properties of soil in three vegetations

处理 Treatments	pH	有机质 O.M (g/kg)	全N Tot. N (g/kg)	碱解N Avail. N (mg/kg)	全P Tot. P (g/kg)	速效P Avail. P (mg/kg)	全K Tot. K (g/kg)	速效K Avail. K (mg/kg)
HST	4.76	16.52	0.23	32.5	0.29	4.5	11.8	65.7
CG	4.84	21.16	0.18	21.9	0.27	3.6	11.7	52.2
NV	5.65	5.51	0.20	28.3	0.23	3.3	15.7	61.4

注(Note):HST-草灌乔植被 herb-shurb-tree vegetation; CG-白茅 cogongrass; NV-无植被 no vegetation. 下同 same as follows

2.2 不同植被状况下土壤对 $H_2PO_4^-$ 的吸附解吸比较

图 1 为上述 3 种不同状态下的土壤对 $H_2PO_4^-$ 的等温吸附曲线：

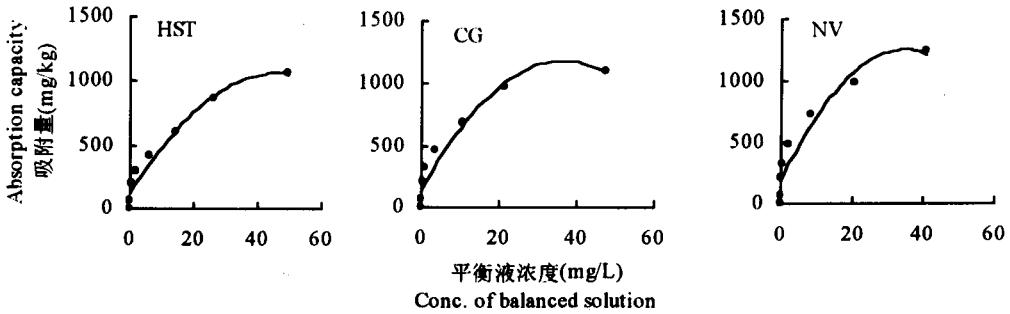

图 1　不同植被下土壤对 $H_2PO_4^-$ 的吸附与平衡液浓度的关系

Fig. 1　Relationship between $H_2PO_4^-$ absorbed by soil and concentration of balanced solution in different vegetations

从图 1 可以看出，3 种植被下土壤对 $H_2PO_4^-$ 的吸附是有一定差异的。无植被状态下土壤对 $H_2PO_4^-$ 的吸附量曲线明显稍高于白茅和草灌乔植被下土壤，这种结果从土壤对 $H_2PO_4^-$ 等温吸附的 Langmuir 方程及有关参数情况可以得到证明（表 2）。

表 2 表明，3 种植被下土壤对 $H_2PO_4^-$ 的吸附具有较大差异。草灌乔下土壤对 $H_2PO_4^-$ 的最大吸附量（b）和吸附结合能（k）均较小；白茅植被下土壤对 $H_2PO_4^-$ 的 b 值稍大、而 k 值则为 3 者中最大；而无植被状态下土壤对 $H_2PO_4^-$ 的 b 值最大，k 值也较大。说明植被生长状况对土壤吸附 $H_2PO_4^-$ 的能力是具有较大影响的。

在同等吸附量条件下，3 种植被状况下的土壤在对 $H_2PO_4^-$ 的解吸也是具有一定的差异的（图 2）。这种差异可从表 3 得到证明。

表 2　不同植被下土壤对 $H_2PO_4^-$ 等温吸附的 Langmuir 方程及其参数

Table 2　Langmuir equation and it's parameters for $H_2PO_4^-$ adsorption by soils in different vegetations

处理 Treatments	Langmuir 方程式 Langmuir equation	R^2	k	b
HST	$C/y = 4.4903\times10^{-3} + 9.1407\times10^{-4}C$	0.944**	0.2036	1094.0
CG	$C/y = 2.4998\times10^{-3} + 8.8076\times10^{-4}C$	0.979**	0.3523	1135.4
NV	$C/y = 2.9190\times10^{-3} + 7.6578\times10^{-4}C$	0.904**	0.2622	1306.5

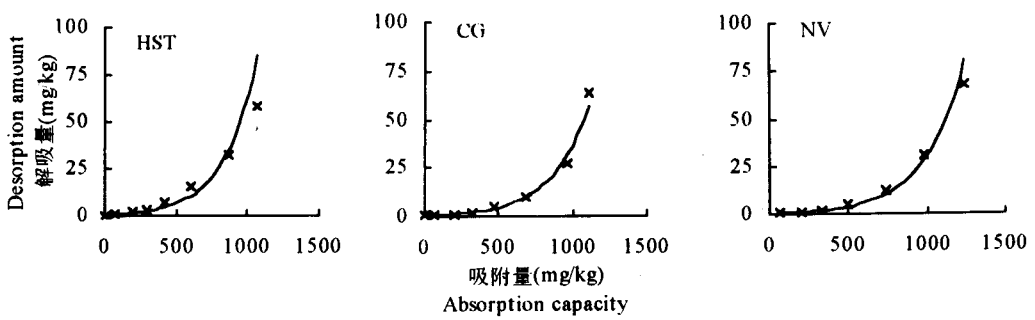

图 2　不同植被下土壤对 $H_2PO_4^-$ 的解吸量与吸附能力间的关系

Fig. 2　Relationship between soil desorption amount and absorption capacity of $H_2PO_4^-$ in different vegetations

表3 土壤不同 $H_2PO_4^-$ 吸附能力的解吸量和解吸率

Table 3 The desorptions of $H_2PO_4^-$ from soils in different absorption capacities and rates

处理 Treat.	$H_2PO_4^-$ 的吸附量 $H_2PO_4^-$ Absorption capacity (mg/kg)							
	<100		100~400		400~800		>800	
	DC(mg/kg)	DR(%)	DC(mg/kg)	DR(%)	DC(mg/kg)	DR(%)	DC(mg/kg)	DR(%)
HST	1.05	1.58	2.37	0.96	11.55	2.27	45.61	4.71
CG	1.18	1.76	1.48	0.57	7.75	1.36	45.15	4.35
NV	0.79	1.25	1.32	0.49	8.54	1.40	49.62	4.47

注(Note):DC— 解吸量(desorption capacity);DR— 解吸率(desorption rate)。

从表3结果来看,草灌乔植被下土壤对 $H_2PO_4^-$ 的解吸量虽然在吸附量<100mg/kg 和>800mg/kg 时不是最大,但其对所吸附的 $H_2PO_4^-$ 的解吸率却相对较大;白茅植被下土壤对 $H_2PO_4^-$ 的解吸量和解吸率仅在吸附量小于 100mg/kg 时较大,在其它吸附量范围内则均低于草灌乔;无植被条件下,土壤对 $H_2PO_4^-$ 的解吸量和解吸率在吸附量<400mg/kg 时均是3个处理中最低,但至吸附量 400~800mg/kg 时则稍大于白茅植被下,至吸附量>800mg/kg 时其解吸量和解吸率均最大,说明该处理下土壤对 $H_2PO_4^-$ 的吸附容量可能相对要小。

2.3 不同植被影响下土壤对钾素的缓冲能力

图3为不同植被下土壤对钾素缓冲能力变化的Q/I曲线。从中可以看出,三种植被下比较,它们的Q/I曲线在其斜率、曲线高低及与坐标轴的交点等均具有一定的差异,即其在对钾离子的缓冲能力方面可能具有相应的差异。这种差异的大小可以从表4中Q/I曲线参数的比较得到进一步说明。

从表4可以看出,草灌乔植被下土壤Q/I曲线 Δk_0 值较高,AR_0 值和 PBC_k 值则均较低;白茅植被下土壤Q/I曲线 ΔK_0 值和 PBC_k 值居中,AR_0 值却最高;无植被状态下土壤Q/I曲线 ΔK_0 值和 PBC_k 值均为最低,AR_0 值仅稍高于白茅。由于 ΔK_0 值的变化与相应土壤速效钾含量一般是同步的,即一般可用 Δk_0 值来判定土壤速效钾含量水平,ΔK_0 值越大则土壤速效磷含量愈高;AR_0 值的变化一般用来表示土壤的钾素供应强度,AR_0 值愈大则土壤供钾强度愈大。从本试验可看出,白茅植被下土壤对钾素的供应强度较大,而草灌乔下土壤的供钾强度则相对较弱。PBC_k 值的结果主要用来说明土壤对外源钾的吸收能力,PBC_k 值愈大则土壤对外源钾的保持能力愈强,所保持的钾素难释放。本研究中各处理下土壤对外源钾素的吸收能力上以无植被状况下最大,而以草灌乔植被下最小。上述结果与土壤速效钾含量的变化基本一致,但 AR_0 值的变化稍有例外,可能与白茅影响下土壤其它特性的变化有关,有待进一步探讨。

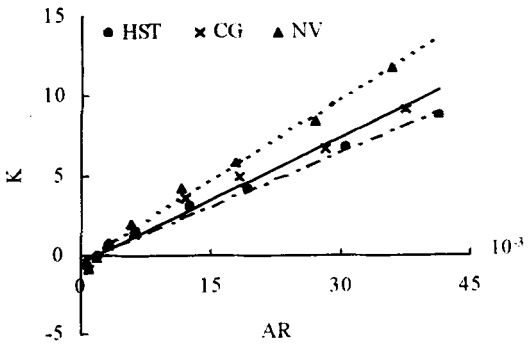

图3 不同植被下土壤对钾素缓冲的Q/I曲线

Fig. 3 The Q/I buffering curves for K of soils in different vegetations

表4 不同植被下土壤对钾素缓冲的Q/I曲线参数

Table 4 The paraments of Q/I curve of soils for K in different vegetations

处理 Treat.	Δk_0 (mmol/kg)	AR_0 $(mol/L)^{1/2}$	PBC_k ($\Delta k/AR$)
HST	-0.24	1.08×10^{-3}	226.4
CG	-0.40	1.51×10^{-3}	263.3
NV	-0.49	1.44×10^{-3}	344.2

根据3种植被下土壤有关性质的比较可以发现,由于植被类型及生长状况等的影响,使土壤在许多性质上产生了较大的差异,这种差异与植被类型,而且更主要的与植物的生长状况密切恢复重建,保持良好的植被生长将是十分重要的。

3 结论

3.1 植被的类型和其生长状况,对红壤的养分状况具有较大的影响。植被生长愈好,则土壤养分含量愈高,但土壤 pH 值的下降值得注意。

3.2 不同类型植被下土壤对 $H_2PO_4^-$ 的吸附量和吸附结合能 k 值均为草灌乔植被下较小,白茅植被下土壤对 $H_2PO_4^-$ 的吸附结合能 k 值相对较大,而无植被条件下则土壤对 $H_2PO_4^-$ 的吸附量最大。对所吸附的 $H_2PO_4^-$ 的解吸率以草灌乔植被下较高,吸附量 $<400mg/kg$ 时以无植被下最低,吸附量 $>400mg/kg$ 时则以白茅植被下最低。

3.3 草灌乔植被下土壤对钾缓冲的 Q/I 曲线 Δk_0 值最高,但 AR_0 值和 PBC_k 值相对较低;白茅植被下曲线中 AR_0 值是最大的;而 PBC_k 值则是在无植被状态下最高。说明 3 种植被状态下土壤对外源钾的缓冲能力是具有一定差异的。

参 考 文 献:

[1] 刘更另, 黄新江, 冯云峰. 红壤丘陵自然植被恢复及其对某些土壤条件的影响[J]. 中国农业科学, 1990, 23(3): 60-69.

[2] 陈福兴, 邹长明, 谢良商. 湘南丘陵红壤地的利用方式对土壤腐殖质组成及养分的影响[A]. 中国农业科学院红壤试验站. 红壤丘陵区农业发展研究[C]. 北京:中国农业科技出版社, 1995. 30-34.

[3] 夏汉平, 余清发, 张德强. 鼎湖山 3 种不同林型下的土壤酸度和养分含量差异及其季节动态变化特性[J]. 生态学报, 1997, 17(6):645-653.

[4] 吴志东, 彭福泉, 等. 我国南亚热带几种人工林的生物物质特点及其对土壤的影响[J]. 土壤学报, 1990, 27(3):250-260.

[5] 陈典豪. 低山红壤水份动态与植被恢复关系[J]. 广西农业科学, 1987, (3):30-35.

[6] 潘映华, 施亚琴, 李振高, 等. 红壤区不同植被下土壤酶活性的研究[A]. 红壤生态系统研究[C]. 北京: 中国农业科技出版社. 1995, 172- 178.

[7] Bache B W and Christina I. Desorption of phosphate from soil using anion exchange resins[J]. J. Soil Sci., 1980, 31(2): 297-306.

[8] Barrow N J. Modelling the effects of pH on phosphate sorption by soils[J]. J. Soil Sci.,1984, 35: 283-291.

[9] 王建林, 陈家坊. 土壤中可变电荷表面磷的解吸特性[J]. 土壤学报, 1991, 28(1):14-22.

[10] 赵美芝, 陈家坊. 土壤对磷酸根离子的吸附的初步研究[J]. 土壤学报, 1981, 18(1):71-79.

[11] 今井秀夫. リン酸吸着に关する最近の话题[J]. 日本土壤肥料学杂志, 1982, 52:249-259.

[12] 今井秀夫. 火山灰土壤のリン酸吸着にっいて, リン酸吸着に及ぼす平衡 pHの影响[J]. 日本土壤肥料学杂志, 1981, 51: 11-19.

[13] Bekett P H T. Studies on soil potassium[J]. J. Soil Sci.,1964, 15: 1-23.

[14] 黄昌勇, 蒋秋怡, 袁可能, 等. 浙江省丘陵旱地土壤供钾能力的研究[J]. 土壤学报, 1989, 26(1):55-63.

[15] 金继运, 高广领, 王泽良, 等. 温度对土壤钾素容量和强度(Q/I)关系的影响[J]. 土壤学报, 1992, 29(2):137-141.

[16] 彭千涛, 范钦桢. 水分和温度对土壤钾素释放、固定影响的初步研究[J]. 土壤学报, 1984, 21(4):387-393.

[17] 杨琢梧, 敖跃平. 土壤供钾状况与土壤钾素缓冲能力(Q/I)的研究[J]. 土壤通报, 1984, 15(2):69-72.

[18] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[M], 北京:科学出版社,1983. 67-115.