

# 温度对土壤钾素容量和强度 ( $Q/I$ ) 关系的影响\*

金继运 高广领 王泽良 张乃凤

(中国农业科学院土壤肥料研究所, 100081)

## 摘 要

本文研究了温度对土壤钾素容量和强度 ( $Q/I$ ) 关系的影响。在 5, 25 和 40℃ 三种温度下测定了新疆灰漠土、吉林暗棕壤和山东棕壤三种土壤样本的  $Q/I$  关系曲线。结果表明, 随着温度的升高, 土壤供钾能力增加, 缓冲性能下降, 供钾强度指标  $AR^\circ$  值和供钾容量指标  $\Delta K^\circ$  值增加, 表示土壤对钾的缓冲性能的 PBC 值减小。温度对  $AR^\circ$  值的影响最为明显, 当温度从 5℃ 增加到 40℃ 时, 新疆灰漠土、吉林暗棕壤和山东棕壤的  $AR^\circ$  值分别从 0.0167, 0.00074 和 0.0010 增加到 0.0348, 0.0015 和 0.0014  $\sqrt{\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}$ 。

**关键词** 土壤钾素, 容量和强度, 缓冲能力, 温度影响。

温度是影响土壤中钾素动态变化的一个主要因素。土壤温度的变化影响到土壤中钾的固定和解放<sup>[1,2]</sup>, 影响到钾离子在土壤中的扩散过程<sup>[3]</sup>和粘土矿物对钾离子的选择吸附<sup>[4]</sup>。这些过程都与土壤对植物的供钾能力有关。土壤钾素的容量和强度的关系的测定可以同时提供土壤供钾的强度和容量以及土壤对钾的缓冲性能, 已被用来评价土壤的供钾能力<sup>[2,3]</sup>。本文研究了温度对供试土壤钾素的容量和强度关系及有关参数的影响, 探讨在不同温度下土壤钾素有效性的变化。

## 一、材料和方法

供试土壤为新疆灰漠土、吉林暗棕壤和山东棕壤。所选择的三种土壤在成土母质和成土条件等方面都有较大差异。从每种土壤中采取表层 0—20cm 土壤样本, 风干后过 1mm 筛备用。供试土壤的基本理化性状列于表 1。土壤粒度分析用 RS-1000 粒度分布仪测定; 阳离子代换量用氯化钡-硫酸镁交换法; 土壤有机质用丘林法; 土壤全氮用开氏法; 速效磷用  $0.5\text{molL}^{-1}$  的碳酸氢钠溶液浸提, 钼蓝法测定; 代换性钾用  $1\text{molL}^{-1}$  中性醋酸铵溶液浸提, 缓效钾用  $1\text{molL}^{-1}$  硝酸消煮法浸提, 浸提液中的钾用火焰光度计法测定。

取土样 10 份, 样品大小从 0.2 克到 5.0 克, 将土样置于 100ml 三角瓶中, 加入含氯化钾浓度不同 ( $0—0.002\text{molL}^{-1}$ ) 而含氯化钙浓度相同 ( $0.002\text{molL}^{-1}$ ) 的溶液 50ml。然后在 5, 25 或 40℃ 下恒温振荡 20 小时, 过滤后取滤液用火焰光度计法测定钾的含量, 用 EDTA-容量法测定钙镁离子的总浓度。

平衡溶液中电解质氯化钾和氯化钙的活度系数( $\gamma$ )用 Debye-Huckel 公式计算:

\* 本文为国家自然科学基金资助课题的一部分。

表 1 供试土壤及其理化性状

Table 1 Some properties of the three soils used

土壤 Soil	采样地点 Location	粒度分析(%) Particle fraction			有机质 O.M. (g kg <sup>-1</sup> )	阳离子 代换量 CEC (cmol kg <sup>-1</sup> )	代换性K Exch-K (mg kg <sup>-1</sup> )	非代换性K Nonexch-K (mg kg <sup>-1</sup> )	速效磷 Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	全氮 Total N (g kg <sup>-1</sup> )
		砂粒	粉粒	粘粒						
灰漠土	新疆昌吉市	74	25	1	5.9	9.92	273.3	970	23.0	0.27
暗棕壤	吉林伊通县	71	22	7	21.7	23.01	45.8	621	27.8	1.12
棕壤	山东莱阳市	85	12	3	9.8	22.12	52.0	614	38.0	0.64

$$\log r = \frac{-A \cdot Z^+ \cdot Z^- \cdot \sqrt{I}}{1 + \alpha\beta \sqrt{I}}$$

上式中  $Z^+$ ,  $Z^-$  分别为正、负离子的电荷数;  $I$  是溶液的离子强度;  $A$  是一个随温度而改变的常数, 在 5, 25 和 40°C 分别为 0.4896, 0.5090 和 0.5241;  $\alpha\beta$  是与离子半径有关的常数, 对氯化钙为 1.9638, 对氯化钾为 0.9819。

在平衡溶液中钾、钙、镁离子的活度比计算公式是:

$$AR = \frac{C_K \cdot r_{KCl}^2}{\sqrt{C_{(Ca+Mg)} \cdot r_{CaCl_2}^2}}$$

上式中  $C_K$  和  $C_{(Ca+Mg)}$  分别为平衡溶液中钾离子和钙、镁离子的浓度;  $r_{KCl}$  和  $r_{CaCl_2}$  分别为氯化钾和氯化钙在平衡溶液中的活度系数。

土壤的吸钾量( $\Delta K$ )从初始溶液和平衡溶液中钾离子的浓度差计算出来。然后以  $AR$  值为横坐标, 以对应的  $\Delta K$  值为纵坐标作图, 就得到一条  $Q/I$  曲线。典型的  $Q/I$  曲线应该包含一个直线和一个曲线部分; 直线部分在横轴上的截距是土壤供钾的强度指标, 用  $AR^\circ$  表示; 直线部分的延长线在纵轴上的截距是土壤供钾的容量指标, 用  $\Delta K^\circ$  表示; 直线的斜率表示土壤对钾的缓冲能力, 用  $PBC$  表示。直线部分和曲线部分在纵轴上的截距之差表示在土壤矿物特殊吸附位上吸附的钾, 用  $K_s$  表示。

此外, 还计算了平衡溶液中的钾位:

$$p^k = \frac{1}{2} p(Ca + Mg)$$

## 二、结果和讨论

对供试的三种土壤, 在三种不同温度下, 均可以作出一条典型的  $Q/I$  关系曲线(图 1, 2 和 3)。用一直线回归方程表示(表 2)。在三种土壤中, 以新疆灰漠土的  $AR^\circ$ 、 $\Delta K^\circ$  和  $K_s$  值最高, 而  $PBC$  值最低(表 3), 表明该土壤的供钾强度和容量较高, 而且含有较多的特殊吸附的钾。新疆灰漠土的代换性钾和缓效钾的含量都明显高于其它两种土壤(表 1), 这与  $Q/I$  测定结果是一致的。一般认为,  $PBC$  值的大小与土壤的阳离子代换量呈正相关<sup>[4]</sup>。本试验结果也表现出相同的趋势, 新疆灰漠土的阳离子代换量显著低于其他两种土壤(表 1), 其  $PBC$  值也比另外两种土壤低得多(表 3)。

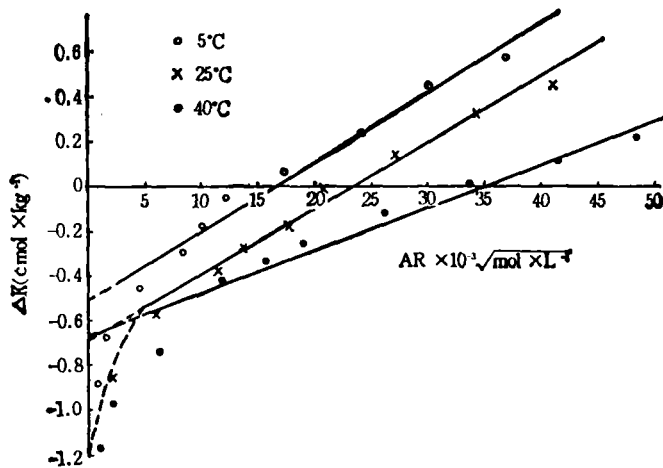
温度的改变对供试土壤钾素的  $Q/I$  关系曲线有明显的影响(表 3、图 1—3)。随着温度的升高,  $AR^\circ$  值逐渐增加, 在 5°C 时, 新疆灰漠土、吉林暗棕壤和山东棕壤的  $AR^\circ$  值分别为 0.0167, 0.00074 和 0.0010  $\sqrt{\text{molL}^{-1}}$ , 但是在 40°C 时,  $AR^\circ$  值分别增大到 0.0348,

表 2 不同温度下  $\Delta K$  与  $AR$  值的回归分析Table 2 Regression analysis of  $\Delta K$  vs.  $AR$  at different temperatures

土壤 Soil	温度 $^{\circ}\text{C}$ Temperature	$r$ 值 $r$ value	回归方程 Regression equation
新疆 灰漠土	5	0.9858	$\Delta K = 30.9AR - 0.517$
	25	0.9896	$\Delta K = 29.2AR - 0.686$
	40	0.9840	$\Delta K = 19.0AR - 0.661$
吉林 暗棕壤	5	0.9980	$\Delta K = 112.5AR - 0.083$
	25	0.9965	$\Delta K = 114.4AR - 0.128$
	40	0.9883	$\Delta K = 99.7AR - 0.149$
山东 棕壤	5	0.9885	$\Delta K = 216.0AR - 0.226$
	25	0.9971	$\Delta K = 191.0AR - 0.209$
	40	0.9923	$\Delta K = 187.0AR - 0.252$

表 3 温度对供试土壤  $Q/I$  参数的影响Table 3 Effect of temperature on  $Q/I$  parameters of the soil

土壤 Soil	温度 $^{\circ}\text{C}$ Temperature	$\left(\frac{AR^2}{\sqrt{\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}}\right)$	$\Delta K^{\circ}$ ( $\text{c mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	PBC	$p^{\text{K}}$	$K_x$ ( $\text{c mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
新疆 灰漠土	5	0.0167	0.517	30.9	2.07	—
	25	0.0235	0.686	29.2	1.94	0.514
	40	0.0348	0.661	19.0	1.92	—
吉林 暗棕壤	5	0.00074	0.083	112.5	3.28	—
	25	0.0011	0.128	114.4	3.16	0.172
	40	0.0015	0.149	99.7	2.98	—
山东 棕壤	5	0.0010	0.226	216.0	3.18	—
	25	0.0011	0.206	191.0	3.05	0.231
	40	0.0014	0.252	187.0	2.96	—

图 1 不同温度下新疆灰漠土的  $Q/I$  关系曲线Fig. 1  $Q/I$  curves of Xinjiang gray desert soil at three temperatures

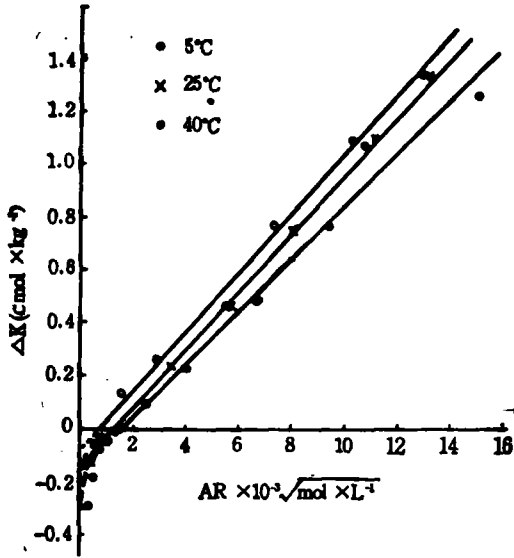


图 2 不同温度下吉林暗棕壤的 Q/I 关系曲线  
 Fig. 2 Q/I curves of Jilin dark brown earth at three temperatures

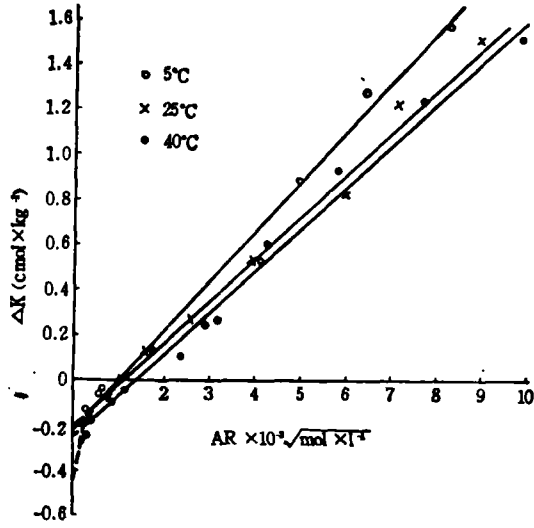


图 3 不同温度下山东棕壤的 Q/I 关系曲线  
 Fig. 3 Q/I curves of Shandong brown earth at three temperatures

0.0015 和 0.0014  $\sqrt{\text{mol L}^{-1}}$ , 新疆灰漠土和吉林暗棕壤的  $AR^\circ$  值大约增加了一倍。这表明升高温度,促进了土壤吸附位上吸附的钾离子的离解,增加了溶液中钾离子的活度。温度对溶液中钾离子活度的影响也可以从钾位值的变化得到验证,随着温度的增加,三个供试土壤的钾位值减小,由 5°C 的 2.07, 3.28 和 3.18 分别减少到 40°C 的 1.92, 2.98 和 2.96。表明溶液中的钾离子活度随温度的升高而增加。

温度对  $\Delta K^\circ$  值的影响不如对  $AR^\circ$  值的影响明显。但是,在大多数情况下,提高温度使  $\Delta K^\circ$  值变大。以吉林暗棕壤为例,在 5°C, 25°C 和 40°C 时,  $\Delta K^\circ$  值分别为 0.083, 0.128 和 0.149  $\text{cmol kg}^{-1}$ , 温度对 PBC 的影响也呈明显的规律性。提高温度,使 PBC 值逐渐变小。以山东棕壤为例,在 5, 25 和 40°C 情况下, PBC 值分别为 216.0, 191.0 和 182.0。温度对  $\Delta K^\circ$  值和 PBC 值的影响机制还有待进一步探讨。

温度对土壤中钾离子的影响是多方面的。Ching 和 Barber<sup>[4]</sup> 曾经研究过温度对土壤中钾离子扩散过程的影响,发现钾离子的扩散系数随温度的升高而增加。Feigenbaum 和 Shainberg<sup>[5]</sup> 发现提高温度可以增加土壤中缓效钾的释放速率。Sparks 和 Liebhardt 研究了温度对土壤中钾离子平衡过程的影响,发现升高温度增加土壤对钾离子的选择吸附。本项研究结果表明,温度可以改变土壤钾素的 Q/I 关系,升高温度增加了土壤溶液中钾离子的活度,提高了土壤的供钾能力。可见土壤温度是影响土壤中钾素动态变化和土壤供钾能力的一个不可忽视的重要因素。尤其是在我国北方经常发生早春低温冷害的地区,温度的影响可能更为明显。

参 考 文 献

[1] 彭千涛、范钦楨, 1984: 水分和温度对土壤钾素释放、固定影响的初步研究。土壤学报, 第 21 卷 4 期, 387—393 页。

- [2] 杨琢梧, 敖跃平, 1984: 土壤供钾状况与土壤钾素缓冲能力( $Q/I$ )的研究。土壤通报, 第2期, 69—72页。
- [3] Beckett P. H. T., 1964: Studies on soil potassium: 2) The "immediate"  $Q/I$  relations of labile potassium in the soil. *J. Soil Sci.*, 15:9—23.
- [4] Ching P. C. and Barber S. A., 1979: Evaluation of temperature effects on K uptake by corn. *Agron. J.*, 71: 1040—1044.
- [5] Feigenbaum S. and Shainberg I., 1975: Dissolution of illite—a possible mechanism of potassium release. *Soil Sci. Soc. Am. Pe Pro.*, 39:985—990.
- [6] Sparks D. L. and Liebhardt W. C., 1982: Temperature effects on potassium exchange and selectivity in Delaware soils. *Soil Sci.*, 133:10—17.

## TEMPERATURE EFFECTS ON QUANTITY AND INTENSITY ( $Q/I$ ) RELATIONSHIP OF POTASSIUM IN SELECTED SOILS

Jin Jiyun, Gao Guangling, Wang Zeliang and Zhang Naifeng

(*Soil and Fertilizer Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, 100081*)

### Summary

Quantity and intensity ( $Q/I$ ) relationship of potassium (K) in three soils, a gray desert soil from Xinjiang, a dark brown earth from Jiling and a brown earth from Shandong, were determined at 5, 25 and 40°C to investigate the effect of temperature on K supplying power of the soils. With the increase of temperature, the  $AR^{\circ}$  and  $\Delta K^{\circ}$  values increased, while the PBC value decreased. When temperature increased from 5°C to 40°C, the  $AR^{\circ}$  values of the gray desert soil, the dark brown earth and the brown earth increased from 0.0167, 0.00074 and 0.0010 to 0.0348, 0.0015 and  $0.0014 \sqrt{\text{mol L}^{-1}}$ , respectively.

**Key words** Soil potassium, Quantity and intensity, Buffering capacity, Temperature effect