

土壤钾素研究进展

金继运

(中国农业科学院土壤肥料研究所)

摘 要

本文对近十几年来国内外关于土壤钾素研究的进展进行了综合评述。土壤钾按其存在形态分为水溶性钾、交换性钾、非交换性钾和矿物态钾,而交换性钾又可进一步分为表面吸附的钾和特殊吸附的钾。各形态钾的含量及其相互转化过程决定土壤供钾能力。研究土壤钾素转化热力学的方法主要有体系平衡法和动力学方法,所得出的自由能、焓、熵等热力学参数有助于解释土壤体系中钾素转化的机制。土壤钾素转化动力学的研究方法有振荡平衡法、流动交换法和树脂交换法,其结果常用一级方程和 Parabolic 扩散方程模拟。根际钾素动态研究进展较快,其研究成果已被用来解释土壤供钾特征。

关键词 土壤钾,存在形态,转化过程,热力学,动力学,根际钾动态

钾在地壳内的平均含量为 2.6%,其丰度在地壳所含的所有营养元素中居第四位^[1]。矿质土壤全钾(K)含量一般在 0.04% 和 3% 之间,通常钾是土壤中含最高的大量营养元素^[2]。但是,植物对钾的需要量也较高,水稻每形成 100 公斤产量需吸收氮、磷和钾的量分别为 N 2.1—2.5 公斤, P 0.39—0.52 公斤, K 1.90—2.74 公斤,氮、磷和钾的比例(N:P:K)约为 1:0.16—0.20:0.9—1.3。喜钾作物的需钾量则更高,如甘蔗的氮钾比(N:K)约为 1:1.31,苧麻为 1:1.58,而马铃薯则高达 1:1.66^[6]。

近二十年来,世界农业生产快速发展,作物对土壤钾的消耗日趋严重,钾肥用量逐渐增加,土壤钾素和钾肥应用的研究受到越来越多的重视,开展了大量的研究工作,并不断有综述文章发表^[1,2,8]。本文拟在前人工作的基础上,对土壤钾素研究的最新进展进行讨论。

一、土壤中钾的存在形态及其转化

土壤中的钾以不同的形态存在,但是各形态之间并不存在明确的界线,谢建昌曾对土壤中钾的各种形态进行过系统地归纳^[2]。按照钾在土壤中存在的化学形态,可以分为水溶性钾(或土壤溶液中钾)、交换性钾、非交换性钾和矿物晶格内的结构钾。

水溶性钾通常用去离子水浸提,或用负压抽取土壤饱和水溶液进行测定。这一部分钾可以被植物直接吸收利用,常常被认为是土壤供钾能力的强度因素,一般土壤溶液中钾浓度很低,只占植物吸钾量的一小部分。通常所说的交换性钾包括土壤胶体表面上吸附的钾和位于云母类矿物风化边缘上楔形区域内可以被氢离子和铵离子交换,但不能被钙、镁等水化半径大的离子所交换的特殊吸附的钾,通常用 1 摩尔浓度的中性醋酸铵溶液提

取测定。近年来,有人用 1 摩尔的中性醋酸镁溶液和醋酸铵溶液分别浸提,将交换性钾进一步分为表面吸附的钾和特殊吸附的钾,并分别评价了植物有效性¹⁾。交换性钾与土壤溶液中钾保持动态平衡,当土壤溶液中钾的浓度因植物吸收而下降时,交换位上吸附(或特殊吸附)的钾就进入土壤溶液进行补充,常常被认为是土壤供钾能力的容量因素,一般情况下是当季作物吸钾的主要来源。非交换性钾的组成较为复杂,主要是指易风化的含钾矿物(如黑云母)晶格内含有的钾和土壤内固钾矿物(如蛭石等 2:1 型层状硅酸盐矿物)所固定的钾^[24]。这一部分钾通常用 1 摩尔浓度的硝酸消煮浸提,其含量变幅较大,因土壤的矿物学组成和风化程度而异。非交换性钾与交换性钾或土壤溶液钾之间进行着缓慢的转化,在连续种植条件下,是植物吸收钾素的主要来源^[3]。

土壤全钾的 90% 以上存在于云母和长石等含钾矿物的晶体结构中,只有经过漫长的风化过程,从矿物晶格中释放出来后,方可被植物吸收利用。

在土壤体系内,各形态的钾之间互相转化,存在着一个动态平衡过程^[8]。当施用钾肥使土壤溶液中钾离子活度升高,打破了土壤体系中原有的平衡,土壤溶液中的一部分钾离子就被吸附在交换位上,也可能被固定在蛭石等 2:1 型矿物的层间。当土壤溶液中钾由于淋失或被植物吸收而活度变小时,上述平衡就会向相反方向进行。土壤溶液中钾与交换性钾之间的平衡过程的快慢主要取决于土壤中粘粒矿物的组成和含量,以高岭石和蒙脱石为主的,溶液中钾和交换性钾之间达到平衡的速度较快;但是,在以蛭石和水化云母为主的土壤中,这个平衡过程就比较缓慢^[20]。因为在以高岭石和蒙脱石为主的体系内,钾离子主要吸附在矿物的外表面上或充分分离的层间平面上,而在以蛭石和水化云母为主的体系内,钾离子要通过一个扩散过程才能被吸附在蛭石的层间平面或水化云母边缘的楔形面上。

非交换性钾与溶液中钾或交换性钾之间的转化过程缓慢,用常规的离子交换研究方法很难进行测定。Martin 和 Sparks 用阳离子树脂交换法研究了两个土壤中非交换性钾释放的动力学过程^[14]。

矿物态钾的释放十分缓慢,对植物的钾素营养意义不大。但是也有特殊的情况,1986 年美国的 Sparks 发现戴拉维州一些含交换性钾很低的砂质土壤上,玉米对施用钾肥没有增产反应。经过一系列研究发现,这些土壤的砂粒中含有大量的风化程度较高的长石,这些长石中的钾释放速度较快,可以满足玉米生长的需要^[18]。Quemener 认为,在高温多雨的热带条件下和温带土壤的灰化作用过程中,长石风化分解钾过程较快,对土壤供钾可能有重要作用^[15]。

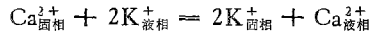
二、土壤钾素转化过程的热力学研究

自 50 年代开始,开展了许多关于土壤中钾素转化,或钾与其他离子交换过程的热力学研究^[7,22]。研究方法归纳起来主要有 Argersinger 的体系平衡法和 Sparks 和 Jardine 的动力学方法。

1) 金继运、张乃凤、高广领、王莲池、王泽良, 1990: 我国主要土壤的供钾特征及钾素状况综合评价(国家自然科学基金项目总结报告)。

(一) Argersinger 的体系平衡法^[7]

该方法假定土壤或矿物体系中 K^+ 、 Ca^{2+} 离子的交换过程是完全可逆的:



当交换过程达到平衡时,平衡常数, K_{π} , 可以从 K^+ 、 Ca^{2+} 离子在固相和液相中的活度计算出来:

$$K_{\pi} = \frac{(K_{固相}^+)^2 \times (Ca_{液相}^{2+})}{(Ca_{固相}^{2+}) \times (K_{液相}^+)^2}$$

K_{π} 值与交换位上 K^+ 所占的分子比例 X_k 存在如下关系:

$$\ln K_{\pi} = \int_0^1 \ln K_v dX_k$$

其中 K_v 是钾的选择系数,随 X_k 的变化而变化。在不同的 X_k 和 X_{Ca} 体系中 ($X_k + X_{Ca} = 1$), 计算出一系列的 K_v 值, 就可以划出当 X_k 值从 0 到 1 时对应的 K_v 值的曲线, 曲线下的面积即是 $\ln K_{\pi}$ 值的估计, 依此可以计算出平衡常数 K_{π} 。

有了平衡常数 K_{π} , 即可用下列公式计算出钾钙离子交换的热力学函数, 自由能 ΔG° , 焓 ΔH° 和熵 ΔS° :

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K_{\pi}$$

$$\Delta H^{\circ}/TR^2 = (d \ln K_{\pi})/dT$$

$$\Delta S^{\circ} = (\Delta H^{\circ} - \Delta G^{\circ})/T$$

其中 R 为气体常数, T 为绝对温度。

(二) Sparks 和 Jardine 的动力学方法^[22]

该方法同样需要假定钾离子的吸附和解吸是完全可逆过程。通过钾的吸附和解吸过程动力学的研究, 可以分别求出吸附速率常数 $K_{吸}$ 和解吸速率常数 $K_{解}$, 由于假设钾的吸附是完全可逆的, 平衡常数可用下式求出:

$$K_{\pi} = K_{吸}/K_{解}$$

然后用 $-RT \ln K_{\pi}$ 可以算出自由能。

按照 Arrhenius 公式, 吸附活化能 $E_{吸}$ 和解吸活化能 $E_{解}$ 可用下式求得:

$$E_{吸}/RT^2 = d \ln K_{吸}/dT$$

$$E_{解}/RT^2 = d \ln K_{解}/dT$$

而体系的焓值 $\Delta H^{\circ} = E_{吸} - E_{解}$, 熵值 $\Delta S^{\circ} = (\Delta H^{\circ} - \Delta G^{\circ})/T$ 。

从理论上讲, ΔG° 表示在标准状态下一个体系从始态到终态过程中生成的可用作有用功的能量。在上述 K^+ 、 Ca^{2+} 交换体系中, ΔG° 可以看作是土壤或矿物表面吸附 K^+ 或 Ca^{2+} 的趋向。Deist 和 Talibudeen^[9] 使用 Argersinger 体系平衡法计算出一些英国土壤中 K^+ - Ca^{2+} 交换的 ΔG° 值在 25°C 时为每克分子 -7406—-14310 焦耳。表明这些土壤吸附 K^+ 的倾向大于 Ca^{2+} 。Sparks 和 Jardine 用动力学方法也计算出一个以蛭石为主要矿物的粉质壤土上 K^+ - Ca^{2+} 交换过程的 ΔG° 值为较大的负数 (-4840—-5422), 表明对 K^+ 有较强的吸附趋向^[22]。而在另一个以绿泥石和高岭石为主要矿物并含有较多有机质的土壤上, ΔG° 值为 1247—3071, 表明这种土壤吸附 Ca^{2+} 的倾向较强, 可能与有机质对 Ca^{2+} 的较强的亲和力有关^[22]。Goulding 也发现富含有机质的土壤

吸附较多的 Ca^{2+} , 而富含 2:1 型矿物的土壤吸附钾的能力较强^[10]。

ΔH^0 是分子运动的度量, 在钾交换过程中, 可用于表示离子吸附键的强度。通常离子吸附是放热反应, ΔH^0 值为负数。文献中用体系平衡法和用动力学方法计算的 K^+ — Ca^{2+} 离子交换过程的 ΔH^0 值均为负值, 表明土壤胶体吸附 K^+ 的强度大于 Ca^{2+} , 与土壤矿物对 K^+ 的特殊吸附性能有关^[9,12,22]。

ΔS^0 是分子排列有序性的度量, 正值表示体系中分子的排列是趋于随机的, 无序的, 而负值表示分子趋向于有序排列。Sparks 和 Jardine 曾计算出土壤中 K^+ — Ca^{2+} 交换过程的 ΔS^0 为负值, 并认为 ΔS^0 值的下降与矿物表面结构变化和分子的水化过程有关^[12,22]。但是, Goulding 和 Talibudeen 研究发现在可膨胀的 2:1 粘粒矿物体系(蛭石和蒙脱石)中, K^+ — Ca^{2+} 交换的 ΔS^0 为负值, 但在无膨胀性的白云母矿物体系中为正值, 他们认为 ΔS^0 值的这种变化主要与固相表面上结构的变化有关^[11]。

土壤是复杂的多相体系, 在大多数情况下, 钾的吸附和解吸过程不是完全可逆的, 土壤又是个开放的动态体系, 绝对的平衡状态是不存在的。因此, 土壤中钾素转化热力学的深入研究及其结果的应用受到了一定的限制。

三、土壤钾素转化过程的动力学研究

近年来, 人们逐渐认识到土壤中各形态钾之间的转化速率是影响土壤供钾能力的重要因素之一, 因此土壤中钾离子转化过程的动力学研究成了土壤化学领域的热点之一。

(一) 土壤钾素转化动力学研究的方法

动力学研究要求在反应进程中的不同时间取样测定反应的速度, 文献中用于土壤钾素动力学研究的主要方法有三种, 一种是传统的振荡平衡法 (Batch equilibrium), 将土壤样品与相应的溶液混合振荡, 于不同的时间取样, 离心或过滤, 取上清液测定元素含量, 计算反应速度。该方法费时费工, 尤其是离心或过滤需要一定的时间, 难以对速度较快的反应进行研究。第二种方法是 80 年代开始研制应用的流动交换法 (Miscible displacement)^[21], 该方法将土壤样品置于一个能让溶液匀速连续流动的装置中, 使钾的吸附, 解吸或与其他离子的交换在液体流经土壤时逐渐进行。该方法省时省工, 可在流动开始后任一时间收集滤出液进行测定, 近年来应用较多^[23]。另一种方法是树脂交换法, 用阳离子树脂与土壤混合振荡, 在一定时间将树脂与土壤分离, 测定树脂的钾吸附量, 这种方法适用于速率很低的交换过程, 曾成功地用于土壤非交换性钾释放的动力学研究^[14]。

(二) 用于土壤钾素转化过程的动力学公式

在各种动力学公式中, 一级反应方程曾被较多地用来描述土壤钾转化和交换过程。该方程对于应用不同方法研究的吸附和解吸过程有不同的形式^[19]。

应用振荡平衡法研究钾的吸附过程, 其一级反应公式为:

$$\ln K_t = \ln K_0 - A \cdot t$$

其中 K_0 和 K_t 分别为开始时和时间 t 时液相中的钾浓度, A 为吸附速率常数。

应用流动代换法研究钾的吸附过程, 其一级反应公式为:

$$\log [1 - (K_t/K_\infty)] = A \cdot t$$

其中 K_t 和 K_∞ 分别为时间 t 和达到平衡状态时胶体对钾的吸附量, A 为表观吸附速率常数。

应用振荡平衡法研究钾的释放过程,其一级方程式为:

$$\ln(K_0 - K_t) = \ln K_0 - A \cdot t$$

其中 K_0 为可释放钾总量, K_t 为时间 t 时钾释放量, A 为释放速率常数。

应用流动代换法研究钾的释放过程,其一级方程式为:

$$\log(K_t/K_0) = A \cdot t$$

其中 K_0 和 K_t 分别为开始时和时间为 t 时胶体上钾离子吸附量, A 为表观释放速率常数。

另一个曾被成功地用来描述钾素转化动力学的公式是 Parabolic 扩散方程:

$$K_t/K_\infty = R \cdot t^{1/2} + \text{常数}$$

其中 K_∞ 为平衡状态时胶体对钾的吸附量, K_t 为时间 t 时钾的吸附量或解吸量, R 为通用扩散常数。

(三) 溶液中钾与交换性钾之间转化的动力学

这方面的研究主要是在矿物体系内进行的,对土壤的研究较少。Selim 等人^[17]研究发现佛罗里达州富含高岭石的土壤上钾的吸附速率常数为 81—216 (小时)⁻¹,而 Sparks 等人^[21]发现弗吉尼亚州二个富含蛭石的土壤中钾的吸附速率常数仅为 1—20 (小时)⁻¹。表明在以蛭石为主要矿物的土壤中,钾离子在层间的扩散较慢,限制了钾吸附的速度。许多研究工作还发现在富含蛭石的土壤中,钾的解吸过程比吸附过程明显减慢,表明钾素在这类土壤上被吸附在层间后,钾离子正电荷和 2:1 矿物晶层间负电荷的吸引力引起了矿物晶层出现不同程度的压缩,使吸附的钾再释放较为困难^[12]。

Jardine 和 Sparks 还发现在一个富含蛭石的土壤上,钾的吸附和解吸过程显示出两个速率不同的一级反应^[12]。在我国,金继运等人应用连续流动代换仪研究了 25 个土壤上钾素释放动力学,发现大部分土壤上钾的释放过程可用单一的一级反应进行拟合,但在水溶性钾和特殊吸附钾含量高,以云母类矿物为主,且含有部分绿泥石的土壤上,钾的释放过程由两个速率不同的一级反应构成,表明位于不同吸附位上的钾有不同的释放机制,位于粘粒矿物表面和有机质表面吸附位上的钾释放速度较快,而位于水化云母风化边缘的楔形位上的钾和蛭石晶层间的钾,由于受扩散过程的影响,释放较慢^[1]。

(四) 非交换性钾转化的动力学

非交换性钾释放缓慢,研究工作难度较大。Martin 和 Sparks 曾用树脂交换法详细研究过两个土壤中非交换性钾的释放,释放过程在 40 天后达到稳定状态,其释放过程遵循一级反应,释放速率常数值很小, $1.2—2.9 \times 10^{-3}$ (小时)⁻¹,表明释放过程极为缓慢^[11]。

尽管土壤钾素转化动力学的研究近年来发展较快,但大部分为理论研究,将动力学研究的结果用于解决或解释生产实践中的问题,还有许多工作要做。

1) 金继运,张乃凤,高广颖,王莲池,王泽良,1990: 我国主要土壤的供钾特征及钾素状况综合评价(国家自然科学基金项目总结报告)。

四、根际钾素动态研究

由于植物根系对养分的吸收和根系分泌作用的影响,土壤根际与土体其他部分有很大的差异,对土壤养分供应状况有着重要影响,因此近年来根际养分动态的研究受到越来越多的重视。

土体中的钾必须通过扩散或质流作用迁移到根的表面才能被植物吸收利用,迁移的速度主要取决于钾在土壤中的扩散系数和土体与根际土壤溶液中钾浓度梯度的大小。当钾向根系表面的迁移超过根的吸收时,钾在根际富集。而钾向根系表面的迁移不能满足根系吸收的需要时,在根际形成钾的亏缺区。钾在根际微区内富集或亏缺的程度和区域大小可以反映土壤的供钾特征。

土壤根际钾素动态研究方法包括:(1)根系粘着土壤的分离测定;(2)放射性自显影技术;(3)从根表不同距离取土样测定法(包括筛网分隔法和薄层切片取样法等)。Kuchenbuch 详细描述并评价了各方法的特点及局限性^[13]。

德国科学家应用⁴³K 放射性自显影技术和薄层切片取样法对同一土壤的根际钾素动态进行研究,表明根际的钾素亏缺区约为 6 毫米厚,在根际区域内钾的亏缺总量为 700 微克分子/100 克土,而此区域内交换性钾的初始含量仅为 374 微克分子/100 克土,表明在植物根系耗钾过程中吸收利用了部分非交换性钾。植物仅在距根系 2 毫米的范围内利用了土壤中非交换性钾^[13]。

Kuchenbuch 等人曾对同一土壤进行施钾肥(+K)和种植玉米耗钾(-K)处理,然后用处理后含钾量不同的土壤样品种植油菜幼苗,研究施肥和耗钾对根际钾素状况的影响,结果表明在原始土样和 -K、+K 处理的土壤中,油菜根系耗钾区分别为 5.3、4.6 和 6.3 毫米,耗钾区的土体体积分别为 0.88、0.66 和 1.24 厘米³/厘米,每厘米范围内提供的钾素分别为 1.32、0.42 和 9.10 微克分子。而距根表 1 毫米的地方,土壤钾浓度降到同一水平。表明施用钾肥提高了土体中钾离子浓度,使根际微区内钾的浓度梯度增大,提高了钾离子的扩散系数,增大了根系吸收钾素的土壤体积,明显提高了土壤根际钾的有效性^[13]。

在我国,许曼丽和刘芷宇应用冰冻切片法研究了不同土壤中影响根际微区土壤中钾素富集与亏缺的条件,发现在土壤供应容积大的情况下钾素有向近根土壤富集的现象,距根 1 毫米土壤中钾浓度大于距根 3 毫米的土壤,土壤速效钾含量高,富集现象就愈明显。增施钾肥显著增加了钾素向近根土壤的富集量。但是在土壤供应容积小的情况下,根际微区内出现钾亏缺区,亏缺区的大小和亏缺程度因土而异,砂土的亏缺区较大,为 7 毫米,越靠近根表,钾的亏缺越严重。根际钾的动态受土壤含水量的影响,含水量高于田间持水量时,近根 1—2 毫米土壤中出现钾的富集,但当含水量低于田间持水量时,根际出现钾的亏缺区,含水量愈低,亏缺愈严重^[9]。这些结果表明,在一定条件下,如增加土壤中速效钾含量或增大含水量,质流也可成为钾素向根表迁移的主要过程。

曹一平等入用尼龙网分隔根—土界面法研究了小麦根际微区土壤交换性钾与缓效钾的变化。发现在根表 1 毫米范围内呈现钾相对富集,其他部分的交换性钾呈亏缺状况,砂

土的迁移速率和亏缺区大于轻壤土。根际微区的缓效钾也呈亏缺状况^[4]。

参 考 文 献

1. 史瑞和, 1983: 土壤钾素供应和植物钾素营养。土壤养分、植物营养与合理施肥。孙毅主编, 中国土壤学会农业化学专业会议论文集, 137—146 页, 农业出版社。
2. 谢建昌, 1981: 土壤钾素研究的现状和展望。土壤学进展, 第 1 期, 1—16 页。
3. 谢建昌等, 1983: 我国主要土壤供钾潜力的初步研究。孙毅主编, 土壤养分、植物营养与合理施肥。中国土壤学会农业化学专业会议论文集, 第 66—77 页, 农业出版社。
4. 曹一平、徐永泰、李晓林, 1991: 小麦根际微区钾养分状况的研究。北京农业大学学报, 第 17 卷第 2 期, 69—74 页。
5. 许曼丽和刘芷宇, 1983: 土壤—根系微区养分状况的研究。II: 钾离子的富集与亏缺。土壤学报, 第 20 卷第 3 期, 295—302 页。
6. 农业部科技司, 1991: 中国南方农业中的钾。农业出版社。
7. Argersinger, W. J., Jr.; Davidson, A. W. and Bonner, O. D. 1950: Thermodynamics and ion exchange phenomena. *Trans. Kans. Acad. Sci.*, 53: 404—410.
8. Bertsch, P. M. and Thomas, G. W., 1985: Potassium status of temperate region soils. In: R. D. Munson (Ed.) "Potassium in Agriculture", Madison, Wisconsin, p. 131—162.
9. Deist, J. and Talibudeen, O., 1967: Ion exchange in soils from the ion pairs K-Ca, K-Rb, K-Na. *J. Soil Sci.*, 18: 125—137.
10. Goulding, K. W. T., 1981: Potassium retention and release in Rothamsted and Saxmudhum Soils. *J. Sci. Food Agric.*, 32: 617—670.
11. Goulding, K. W. T. and Talibudeen, O. 1979: Potassium reserves in a sandy clay soil from the Saxmudhum experiment: Kinetics and equilibrium thermodynamics. *J. Soil Sci.*, 30: 291—302.
12. Jardine, P. M. and Sparks, D. L., 1984: Potassium-calcium exchange in a multireactive soil system: I. Kinetics and II. Thermodynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48: 39—45(I), 45—50(II).
13. Kuchenbuch, R. O., 1987: Potassium dynamics in the rhizosphere and potassium availability. In: Methodology in soil K research. Proceedings of the 20th Colloquium of the International Potash Institute. p. 215—234.
14. Martin, H. W. and Sparks, D. L., 1983: Kinetics of nonexchangeable potassium release from two coastal plain soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 47: 883—887.
15. Quemener, J., 1986: Important factors in potassium balance sheets. In: Nutrient balances and the need for potassium. Proceedings of the 13th International Potash Institute Congress. p. 41—72.
16. Schroeder, D., 1978: Structure and weathering of potassium containing minerals. In: "potassium research—review and trends." Proceedings of Congress of International Potash Institute. 11: 43—63.
17. Selim, H. M., Mansell, R. S. and Zelazny, L. W., 1976: Modeling reactions and transport of potassium in soils. *Soil Sci.*, 122: 77—84.
18. Sparks, D. L., 1986: Potassium release from sandy soils. In: Nutrient balances and the need for potassium. Proceedings of the 13th International Potash Institute congress. p. 93—105.
19. Sparks, D. L. and Huang, P. M., 1985: Physical chemistry of soil potassium. In: R. D. Munson (Ed.) "Potassium in Agriculture". Madison, Wisconsin, p. 201—276.
20. Sparks, D. L., Martens, D. C., Zelazny, W. E., 1980: Plant uptake and leaching of applied and indigenous potassium in Dothan soils. *Agron. J.*, 72: 551—555.
21. Sparks D. L., Zelazny, L. W. and Martens, D. C. 1980b: Kinetics of potassium exchange in a paleudult from the coastal plain of Virginia. *Soil Sci. Am. J.*, 44: 37—40.
22. Sparks, D. L. and Jardine, P. M., 1981: Thermodynamics of potassium exchange in soil using a kinetics approach. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45: 1094—1099.
23. Sparks, D. L. and Rechcigl, J. E., 1982: Comparison of batch and miscible displacement techniques to describe potassium adsorption kinetics in Delaware soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46: 857—877.
24. von Braunschweig, L. C., 1980: Potassium Availability in relation to clay content—results of field experiments. *Potash Rev.* 2: 1—8.

ADVANCES IN SOIL POTASSIUM RESEARCH

Jin Jiyun

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

Summary

Advances in soil potassium(K) research in the last decade was reviewed. Soil Potassium is usually divided into water soluble K, exchangeable K, non-exchangeable K and mineral K. The exchangeable K can be further divided into surface adsorbed K and specifically adsorbed K. The contents of K in various forms and their transformation processes determine the K-supplying power of soils.

Methods commonly used to determine thermodynamic parameters of soil K exchange processes are the equilibrium method and kinetics approach. The thermodynamic parameters obtained can be used to explain the mechanisms of soil K transformation.

For kinetics study of soil K, batch equilibrium technique, miscible displacement technique, and ion exchange resin method have been used. The results can be described by using the first order equation, Parabolic diffusion equation and other functions.

Potassium dynamics in rhizosphere has received great attention in recent years. The results have been used to evaluate the characteristics of soils in K supply.

Key words Soil potassium, Forms of soil K, Soil K exchange, Thermodynamics, Kinetics, Rhizosphere, Dynamics