

浙江省丘陵旱地土壤供钾能力的研究

黄昌勇 蒋秋怡 袁可能 朱祖祥

(浙江农业大学土化系)

摘 要

浙江省主要丘陵旱地土壤的全钾量随母岩中长石和云母的含量增加而增加,幅度为 0.57—3.13%,速效钾和缓效钾的含量分别为 33—216ppm 和 80—638ppm,与土壤中高岭石及伊利石的相对含量有关。以化学试剂连续提取、电超滤(EUF)和强度/数量关系研究结果表明:高岭石为主的土壤,其缓冲容量(PBC^k)较低,有效钾数量较少,且缓效钾释放慢,在黑麦草耗竭试验中,经 1—2 次收获后,产量和吸钾量明显下降。以伊利石为主的土壤,其缓冲容量(PBC^k)高,黑麦草试验可得到连续的高产和吸取较多的钾。黑麦草试验还表明土壤的供钾特性较之其有效钾储量更有实践意义。

浙江省丘陵旱地土壤以矿物的风化和蚀变程度不等的红黄壤为主。粘粒矿物主要是高岭石,作为钾素养分给源的含钾矿物较少,土壤钾的供应水平普遍较低^[1,2]。但对于不同土壤的缺钾程度和供钾特性则还缺少深入研究。一段时间来,我国对土壤钾的供应能力着重于速效钾和缓效钾的研究。然而国外的许多研究认为,溶液中钾(即强度因素)对植物吸收可能更为重要^[7]。此外缓效钾的释放也因粘粒矿物的种类、含量和其它土壤性质而变^[2,7]。因此评价土壤的供钾能力是非常复杂的。本文拟通过 1N NH₄OAc、1N HNO₃ 和四苯硼酸钠等化学试剂的连续提取和强度/数量比(PBC^k)、电超滤法(EUF)等测定土壤钾的释放率和供钾特性,并用生物盆栽耗竭试验验证钾的有效性^[3,8,9]。以系统研究浙江省主要丘陵旱地土壤的供钾状况。

一、材料和方法

1. 供试土壤:采自主要丘陵旱地土壤,其理化性质见表 1。
2. 土壤钾的生物耗竭性试验:每盆装土 1 公斤,每个土样重复 5 次,其中一盆不栽黑麦草作对照。试验从 1984 年 4 月至 1985 年 3 月,共连续种植 7 次。每次种植前都施入适量的氮、磷和微量元素,以保证钾以外的其他养分的充分供应。收割时收集地上部分的全部茎叶,测定其干物重和植株全钾量,同时采集土样测定土壤速效钾和缓效钾的变化。
3. 电超滤(EUF)测钾:在电超滤仪上,以下列条件进行电析。0—5 分钟,50V, 20℃; 5—30 分钟, 200V, 20℃; 30—35 分钟, 400V, 80℃。每隔 5 分钟从负极收集电析流出液,在火焰光度计上测钾。
4. Q/I 关系曲线:在 100ml 的塑料离心管中称入 5 克风干土样(过 1mm 筛),分别加入含 0—110 ppm K 的 0.01mol/L CaCl₂ 溶液 50ml,在 25℃ ± 0.2℃ 温度下振荡 1 小时,然后离心 5 分钟,用火焰光

表 1 土壤的主要理化性质
Table 1 Some physical and chemical properties of the soil samples

Sample No 土样编号	Soil type 土类	Parent material 母质	pH (H ₂ O)	Organic matter (%) 有机质 (%)	阳离子交换量 (me/100g soil) CEC	Base saturation (%) 碱饱和度 (%)	Total K (%) 总钾 (%)	Slowly available K (mg-K/kg soil) 缓效钾	Readily available K (mg-K/kg soil) 速效钾	Mechanical composition 粒级 (%)		% In fraction of <0.1mm <0.1mm 颗粒 (%)		Main clay minerals in fraction of <0.001mm <0.001mm 颗粒中的主要粘粒矿物
										<0.001 (mm)	<0.01 (mm)	长石 Feldspar	云母 Mica	
1	红筋泥	第四纪红土	5.07	1.19	4.12	36.2	0.57	110.68	33.59	38.3	68.9	0.9	5.9	高岭石为主, 伊利石、蛭石、蒙脱石
2	红粘土	玄武岩	4.66	1.97	9.62	12.4	0.58	180.02	57.95	59.0	88.5	1.0	4.7	高岭石为主, 伊利石、蛭石、蒙脱石
3	黄泥土	凝灰岩	4.68	1.71	7.66	26.2	1.30	274.93	71.81	41.0	62.3			高岭石为主, 伊利石、蛭石
4	黄泥沙土	熔质凝灰岩	5.37	4.48	7.24	57.1	2.05	160.80	39.81	22.6	54.0			高岭石、伊利石为主, 蛭石、蒙脱石
5	砂粘质红土	花岗岩	5.54	1.10	7.47	72.3	3.13	179.89	103.11	14.0	19.5	11.0	5.14	高岭石为主, 伊利石、蛭石、蒙脱石
6	油红泥	石灰岩	5.95	2.31	19.70	98.7	0.65	267.78	80.80	39.5	80.0	1.1	5.90	伊利石、高岭石为主, 蛭石、蒙脱石
7	棕粘土	玄武岩	6.51	4.49	31.00	98.8	0.87	148.57	119.61	38.9	73.0	1.2	2.35	伊利石为主, 高岭石、蒙脱石、蛭石
8	紫砂土	紫砂岩	7.68	1.27	16.76	100.0	2.11	562.69	216.05	18.5	31.5	5.2	5.30	伊利石为主, 高岭石、蛭石、蒙脱石
9	红砂土	红砂岩	6.20	0.93	8.81	99.3	1.11	205.78	134.93	17.0	23.5			伊利石为主, 高岭石、蛭石、蒙脱石
10	黄泥土	页岩	6.35	1.31	8.85	100.0	2.24	630.50	149.00	23.5	46.5	2.6	13.10	伊利石为主, 高岭石、蛭石、蒙脱石

* 土壤名称根据浙江省第二次土壤分类, 1983年。

度计测钾,用原子吸收光谱仪测钙和镁。根据提取液加入前钾浓度和平衡后溶液中钾浓度之差,水固相获得和失去的钾量 ΔK (毫克当量/100 克土),由平衡溶液中钾、钙和镁的浓度,计算钾的活度比 $AR = a_k / \sqrt{a_{Ca} + a_{Mg}} [(mol/L)^{1/2}]$,以 ΔK 为纵坐标对 AR 横坐标作图得 Q/I 曲线。

5. 化学试剂连续提取:土样分别用 $1N HNO_3$ (每次消煮 10 分钟)、 $1N NH_4OAc$ 和 $0.3N NaTPB$ 连续提取 6 次。

6. 土壤粘粒矿物组成测定:从小于 2mm 的风干土中分离出小于 0.001 mm 的粘粒,粘粒悬液经去离子后,风干和磨碎过 100 目筛,用 H_2O_2 除去有机质,再用连二亚硫酸钠-碳酸钠-柠檬酸钠除去其中的游离氧化物,并制成定向薄片(1) Mg -甘油饱和;(2) 氯化钾饱和,在 X 衍射仪上,以 $CuK\alpha$ 为射线源进行扫描,以盖革计数器为探测器,线性电子管电位仪记录。采用半定量分析处理 X 衍射谱,求算土壤中高岭石、伊利石、蛭石和蒙脱石的相对含量。

7. 土壤中云母和长石的测定:采用焦硫酸钠熔融法^[6]。

二、结果和讨论

(一) 各种形态钾的含量

由表 1 可见,丘陵旱地土壤全钾含量(K)为 0.57—3.13%,变幅很大,主要和母质类型有关。由第四纪红土、玄武岩和石灰岩风化而成的红黄壤,全钾量较低,一般在 1% 以下;而由花岗岩母质风化形成的土壤全钾量高达 3% 左右。凝灰岩和砂页岩等风化形成的土壤居于中间。全钾量和母质中的云母及长石的含量有显著的相关性。

以 $1N NH_4OAc$ 提取的速效钾大致可分为三个等级,含量低于 80ppm 的有土-1、土-2、土-3 和土-4;含量中等为 80—100ppm 的有土-5、土-6 和土-7;少数达到 120ppm 以上的如土-8、土-9 和土-10。

以 $1N HNO_3$ 消煮提取的缓效钾含量相差也很大,其中低的不足 100ppm,如土-1、土-2;稍高的在 200ppm 左右,如土-3、土-5、土-6、土-7 和土-9,也属于较低水平,少数含量高的如土-4、土-8 高达 500—600ppm。

从化学分析结果可以看出(表 1),丘陵旱地土壤中,各种形态钾含量主要决定于母质的矿物组成,如全钾量主要和母质中长石含量有关。而缓效钾和速效钾的含量则和伊利石含量有关。

从全钾、缓效钾和速效钾的含量说明丘陵旱地土壤中,这三者关系是错综复杂的。其中供钾能力差异较大的如土-1、土-5 和土-8,以 $1N HNO_3$ 、 $1N NH_4OAc$ 和 $0.3 N NaTPB$ 连续提取所得结果大致可反映丘陵旱地不同土壤钾的释放特点。从图 1 可见,以 NH_4OAc 连续提取代表速效钾的释放,则土-1 和土-5 经一次提取,释钾量分别达到总释钾量的 71% 和 83%。而土-8 仅为 58%,但在以后几次的提取中,土-8 仍持续释放。以四苯硼酸钠连续提取的钾包括速效钾和部分缓效钾,三种土壤不仅在数量上不等,而且其释放速率也不同。土-1 释放速率最慢,其次是土-5,而土-8 释放最快。第一次提取量分别占总释钾量的 35%、57% 和 66%。 $1N HNO_3$ 连续提取的钾包括速效钾、缓效钾和少量易分解的矿物钾。其中第一次提取钾量占总释钾量的比例也是土-1 最少,土-5 其次,而土-8 最大。但 6 次提取的酸溶钾占全钾量的比例,则由花岗岩母质上发育的土-5 仅占 22.8%,而土-1 和土-8 分别占 74.8% 和 76.0%。可见以化学试剂连续提取测得的土壤钾

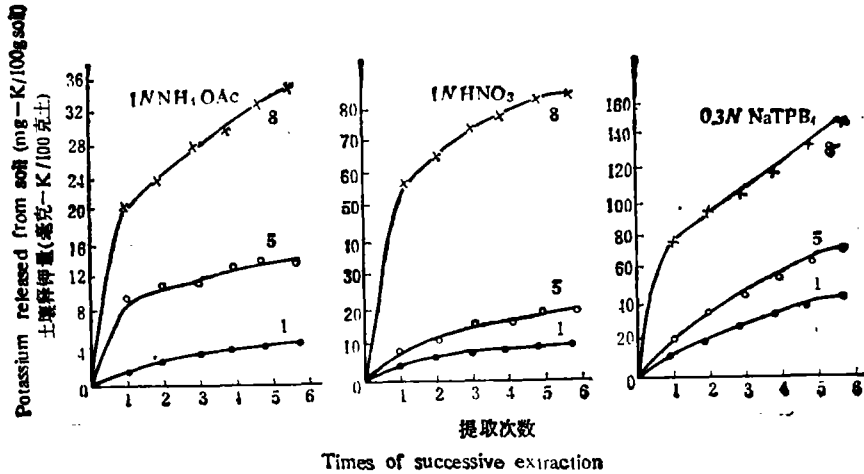


图 1 三种化学试剂连续提取土壤钾的累积量

Fig. 1 The potassium released from soils by successive extraction with three chemical reagents

中,钾的释放速率和持续释放特点与土壤中高岭石和伊利石的相对含量密切有关。土-5的酸溶钾占全钾量比例低可能和母质中长石含量较高有关。

(二) Q/I 关系曲线和 PBC^k

Beckett 提出的强度和数量关系曲线,即 Q/I 曲线,其斜率反映了土壤的钾位缓冲容量 (PBC^k)。 PBC^k 对每一种土壤是特征性的,几乎不受外界因素的影响。因此可以用来表征土壤钾的强度和数量关系,以及土壤吸持钾和释放钾的特性^[4,5]。

从图 2 可见,丘陵旱地土壤的 PBC^k 都较低。最低的土-1、土-2 和土-3 只有 20 左右,这些土壤的粘粒矿物以高岭石为主。其次是土-4、土-5 和土-6, PBC^k 在 30—50 之间,这些土壤中,2:1 型矿物占较高比例。少数以伊利石为主的土壤,如土-7 和土-8 的 PBC^k 值高达 60 以上。由此可见,土壤中高岭石和伊利石的相对含量对钾位缓冲容量 (PBC^k) 有很大的影响。当然粘粒的含量和比表面也是影响 PBC^k 的重要因素。

(三) 电超滤过程中土壤钾的解吸

许多研究指出,用电超滤 (EUF) 技术测定土壤钾可以同时提供土壤的供钾强度、数量和补给速率的信息^[3,7,8]。其中 0—10 分钟内解吸的 K (EUF- K_{10}),相当于溶液中钾的浓度,代表强度因素 (I) 的量度。0—35 分钟内解吸的总钾量 (EUF- K_{35}) 可作为数量因素 (I + Q) 的量度。而在电压 400V, 800℃ 下,30—35 分钟内解吸的钾量 (EUF- K_{35-35}) 可反映钾的释放速率或补给数量。本试验的 EUF-K 解吸曲线见图 3。

从图 3 的 EUF-K 解吸曲线,大致可把浙江省丘陵旱地的供钾状况分为四种类型。第一类如土-1,土-2 和土-6,它们的供钾强度和数量都很低,究其原因可能和土壤粘粒中的高岭石含量较高有关。其中土-6 的解吸量低可能和石灰母质有关。第二类如土-3,有一定的供钾强度和数量,但钾的补给能力很低,其供钾能力有一定的限度。第三类如土-7,供钾的强度较小,但供钾数量和补给能力较大,表明这类土壤的贮钾量大,而且能不断地释放,这一供钾特点可能和土壤粘粒中的伊利石含量较高有关。第四类如土-8,既有较高

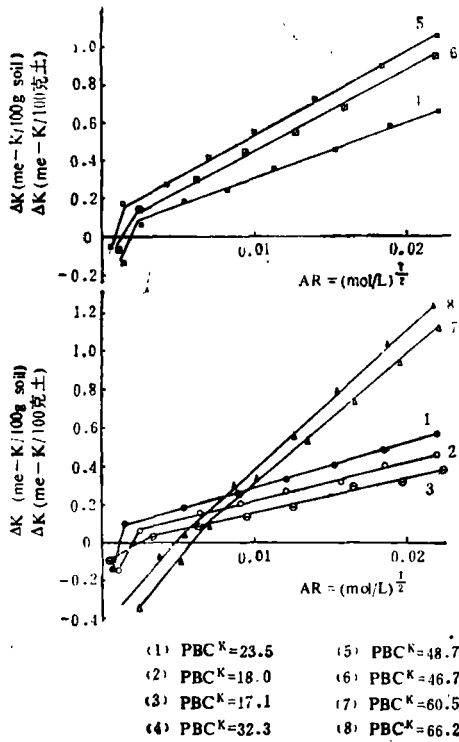
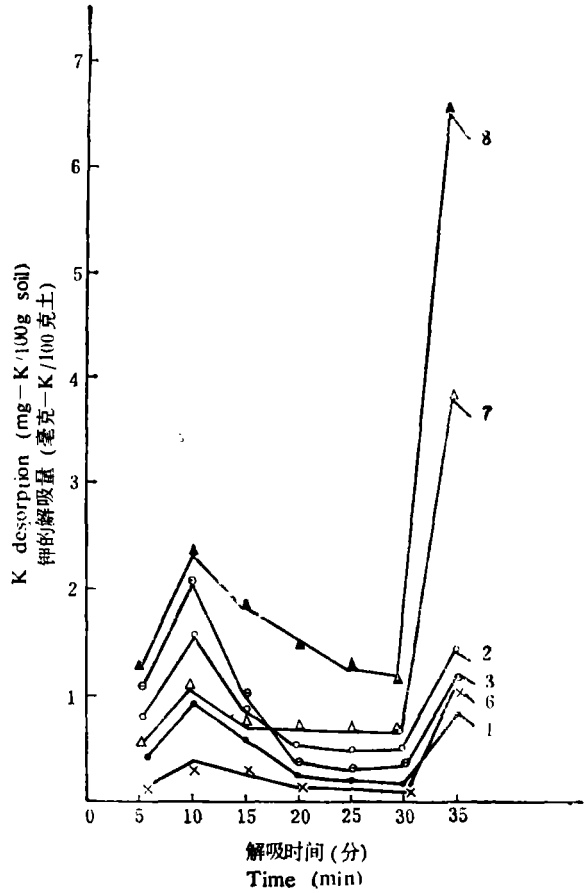


图 2 土壤的 Q/I 曲线

Fig. 2 The Q/I relationship of potassium in soils



注：图中 1,2,3,6,7,8 为土号码

图 3 土壤钾的解吸曲线

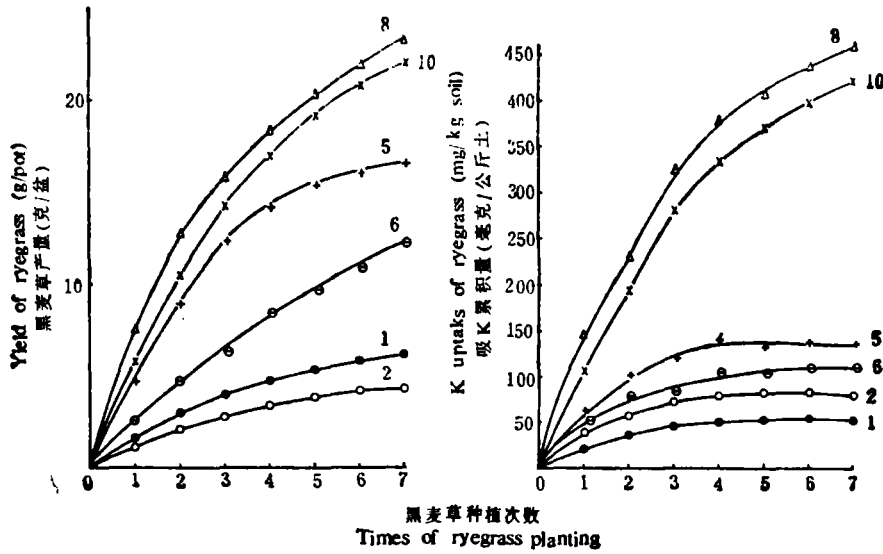
Fig. 3 K desorption curves of soils

的供钾强度,又有较大的供钾数量和补给能力,属供钾能力较高的土壤。以电超滤法所得的结果基本上和化学提取剂及 PBC^k 值的结果趋势一致,但 EUF 法对各土壤的供钾特性的区分更为全面。

(四) 黑麦草耗钾试验中土壤的供钾能力

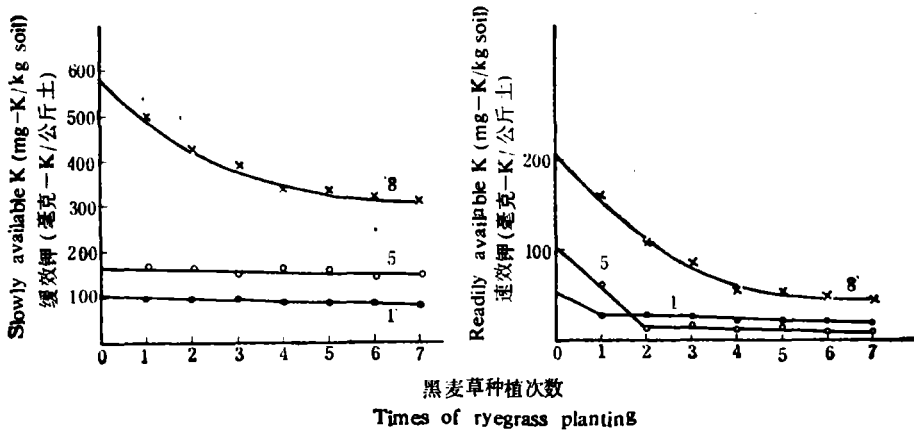
黑麦草盆栽耗竭性试验结果表明(图 4),不同土壤经 7 次种植后,黑麦草的总生物量和总吸钾量相差悬殊。根据黑麦草耗钾试验,本省主要丘陵旱地土壤的供钾能力初步可分为三个等级:供钾能力高的如土-8 和土-10,黑麦草的产量达 20 克/盆,总吸钾量在 400 毫克/公斤土以上;供钾能力中等的如土-5 和土-6,产量和吸钾量分别为 10—20 克/盆和 100 毫克/公斤土;供钾能力低的如土-1 和土-2,黑麦草产量和吸钾量分别为 10 克/盆和 80 毫克/公斤土以下。黑麦草产量和吸钾量同土壤速效钾、 $EuF-K_s$ 及 PBC^k 的大小次序基本一致。

从图 5 的结果可见,黑麦草连续种植过程中,用 1N HNO_3 和 1N NH_4OAc 提取的土壤钾不断下降,但降低程度因不同土壤而有很大差异,供钾能力低的土-1 经一次种植后,



注: 图中 1,2,5,6,8,10 为土号码
 图 4 黑麦草产量和吸钾累积曲线

Fig. 4 The cumulative curves of ryegrass yield and K uptake by ryegrass



注: 图中 1,5,8 为土号码
 图 5 黑麦草耗钾试验中土壤速效钾和缓效钾变化

Fig. 5 Depletion of readily available and slowly available K in soil during ryegrass planting

NH₄OAc 提取的钾量接近最低平衡值;供钾能力中等的土-5 经两次种植后接近最低平衡值;而供钾能力高的土-8 经四次种植后才接近最低平衡值,其变化趋势和黑麦草多次收获物中吸取的钾(图 4)是一致的。但缓效钾的变化除土-8 随种植次数逐渐下降外,土-5 和土-1 则基本不变。可见,不同土壤的供钾特性是完全不同的。土-1 的速效钾和缓效钾都较低,缓冲能力很小,以供速效钾为主,所以黑麦草的收获量和吸钾量最低。土-5 的速效钾为中等水平,且有效性较高,但它的缓效钾的有效性较低,土壤钾缓冲能力小,因此,两次种植后,黑麦草吸钾量和收获量也很快达到最低水平。土-8 的速效钾和缓效钾都较高,并能持续保持较强的供钾能力,所以黑麦草连续种植中,其收获量和吸钾量能一直保

持较高的水平。值得注意的是土-2、土-6和土-10的缓效钾储量都分别高于土-1、土-5和土-8,但黑麦草的吸钾量和生物量均低于后三种土壤,可见土壤钾的供应特性较之其储量更有实践意义。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤所,1978: 中国土壤。392—403 页,科技出版社。
- [2] 谢建昌等,1983: 我国主要土壤供钾潜力的初步研究。土壤养分、植物营养与合理施肥。66—77 页,农业出版社。
- [3] 范钦楨等,1985: 电超滤法在土壤钾素研究中的初步应用。土壤,第 17 卷 2 期,69—74 页。
- [4] 杨琢梧等,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,15,69—72 页。
- [5] Bekett, P. H. T., 1964: Studies on soil potassium. J. Soil Sci., 15: 1—23.
- [6] Kicly, P. V., 1965: Quartz feldspar and mica determination for soil by sodium pyrosulfate fusion. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 29: 159—163.
- [7] Mengel, K., 1982: The importance of potassium buffer power on the critical potassium level in soil. Soil Sci. 133: 27—32.
- [8] Nemeth, K., 1979: The availability of nutrients in soil as determined by electro-ultrafiltration (EUF). Adv Agron, 31: 155—168.
- [9] Scott, A. D. et al., 1961: Release of nonexchangeable soil potassium during short periods of cropping and sodium tetrabophylboron extraction. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 25: 128—132.

STUDY ON THE POTASSIUM SUPPLYING POWER OF THE HILLY UPLAND SOILS IN ZHEJIANG PROVINCE

Huang Changyong, Jiang Qiuyi, Yuan Keneng and Zhu Zuxiang

(Zhejiang Agricultural University)

Summary

The total K content of the hilly upland soils in Zhejiang Province ranged from 0.57% to 3.13% and increased with increasing contents of the feldspar and mica in parent rock. The contents of readily available K and slowly available K were 33-216 ppm and 80-838 ppm respectively which were correlated with the relative contents of kaolinite and illite in the soil clay.

By means of chemical successive extraction, electro-ultrafiltration (EUF) and quantity-intensity (Q/I) studies, it was found that the potential buffering capacity (PBC^h) and supplying power of potassium were lower in those soils with clay minerals dominated by kaolinite, but higher in the soils dominated by illite. The ryegrass pot experiments revealed that the soil potassium supplying power was more important than the reserve of the available K.