

# 无径流和淋溶条件下钾肥利用率的研究

谢如林, 谭宏伟, 周柳强, 黄美福

(广西农业科学院 土壤肥料研究所, 广西 南宁 530007)

**摘要:** 应用盆栽模拟试验方法, 在无钾的径流和淋溶损失情况下, 连续 3 年种植玉米, 测定出广西 10 种土壤的钾肥利用率为 79.0%~93.8%, 平均为 87.5%。研究结果表明, 钾肥利用率与作物收获后的土壤速效钾含量呈极显著的负相关, 与土壤阳离子交换量(CEC)也呈显著的负相关。土壤供钾量的估算方法对钾肥利用率的计算结果影响较大, 土壤供钾量应依据种植前和收获后土壤供钾水平的改变及土壤对钾的缓冲能力来估算才符合实际情况, 钾肥利用率的计算也应以此为基础。

**关键词:** 钾肥利用率; 土壤供钾量; 速效钾

中图分类号: S158.3; S143.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2005)01-0036-06

## Study on the recovery rate of K fertilizer under no runoff and no leaching conditions

XIE Ru-lin, TAN Hong-wei, ZHOU Liu-qiang, HUANG Mei-fu

(Soil and Fertilizer Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China)

**Abstract:** Under pot culture conditions with no runoff and no leaching, the recovery rate of K fertilizer of the 10 major soil types of Guangxi were investigated and the values ranged from 79.0% to 93.8%, with an average of 87.5%. The correlation of the recovery rate of K fertilizer to soil available K after harvest was negative and very significant, and so was to soil cation exchange capacity (CEC). The calculation ways of the supply of soil K influenced the recovery rate of K fertilizer very greatly. The calculation of supply of soil K should be based on the variations of soil K status between planting and after harvesting and the buffer property of soil K, and so as the recovery rate of K fertilizer.

**Key words:** recovery rate of K fertilizer; supply of soil K; soil available K

钾肥利用率是测土推荐施肥时经常用到的一个重要参数。钾肥利用率通常通过大量的田间试验确定。1991 年农业部科技司报道中国南方钾肥的利用率平均为 42.3%<sup>[1]</sup>。许多报道认为钾肥的利用率约为 60%~70%<sup>[2~4]</sup>。谢建昌等<sup>[5]</sup>报道, 在连续施用钾肥时, 钾肥的利用率一般均在 60%以上, 若土壤缺钾或钾肥用量较少时, 钾肥利用率高达 90%。钦绳武等<sup>[6]</sup>报道黄潮土小麦和玉米的长期定位试验结果, 施 NPK 处理在土壤全钾无亏损的情况下, 钾肥回收率为 94.3%。钾肥施入土壤后的损失途径主要是径流和淋溶损失及土壤和生物固定。本研究采用盆栽模拟试验的方法, 在排除钾的径流和淋溶损失

情况下, 经过 3 年 14 季玉米栽培, 测定钾肥的利用率。本次研究的结果可结合其他研究得到的钾肥的径流和淋溶损失资料, 为生产上确定一个较客观的钾肥利用率, 从而使测土推荐施肥更准确。

## 1 材料与方法

**供试土壤:** 本次研究进行试验的土壤为广西 10 种有代表性的旱地耕作土壤, 采集耕层土壤进行试验。各供试土壤的基本性状见表 1。土壤测定使用常规的分析方法<sup>[6]</sup>。

**盆栽试验:** 土壤采回后晾干、打碎, 过 5 mm 筛, 用盆底无孔的瓷盆装土, 每盆装土 5 kg。供试作物为

玉米. 试验设不施钾和施钾 2 个处理, 不施钾处理 (NP)每季施肥量: N 108 mg/kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 50 mg/kg; 施钾处理 (NPK)每季施肥量: N 108 mg/kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 50 mg/kg, K<sub>2</sub>O 108 mg/kg. 施肥后将肥料与土壤混匀, 然后播种, 种植 30~50 d 后收获玉米幼苗和根系, 分别测定玉米地上部和地下部的干质量和含钾量, 并计算出每季玉米的吸钾量. 设 5 次重复, 并另设一备用重复, 备用重复的施肥量及操作与试验相同. 每季

玉米收获后, 将 5 次重复的土壤倒出、晾干、打碎、混匀, 并采集土壤样品 50 g, 用于测定土壤中的速效钾和缓效钾含量, 并从备用重复中取 50 g 土补充到 5 次重复的试验土壤中, 然后混匀、装盆, 进行下一季的盆栽试验. 盆栽试验从 1998 年开始, 共进行了 3 年, 前 2 年各收获了 5 季玉米幼苗, 第 3 年收获了 4 季玉米幼苗, 共收获了 14 季玉米幼苗.

表 1 供试土壤养分状况  
Tab. 1 Nutrient status of the tested soils

| 编号<br>soil No. | 土壤类型<br>soil types              | pH   | w(有机质<br>O. M. )/<br>(g·kg <sup>-1</sup> ) | 全量 total                       |                                |                                | 速效 available                    |                                 | w(缓效 K slow<br>available K)<br>/(mg·kg <sup>-1</sup> ) | 交换性 exchangeable                                 |                                                  |
|----------------|---------------------------------|------|--------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                |                                 |      |                                            | w(N)/<br>(g·kg <sup>-1</sup> ) | w(P)/<br>(g·kg <sup>-1</sup> ) | w(K)/<br>(g·kg <sup>-1</sup> ) | w(P)/<br>(mg·kg <sup>-1</sup> ) | w(K)/<br>(mg·kg <sup>-1</sup> ) |                                                        | b(Ca)/<br>(cmol <sup>+</sup> ·kg <sup>-1</sup> ) | b(Mg)/<br>(cmol <sup>+</sup> ·kg <sup>-1</sup> ) |
| A              | 白粉沙泥土<br>white silty soil       | 7.10 | 19.89                                      | 0.94                           | 0.46                           | 1.26                           | 3.5                             | 78                              | 78                                                     | 6.67                                             | 0.89                                             |
| B              | 红泥土<br>red clayey soil          | 5.30 | 14.09                                      | 0.78                           | 0.50                           | 1.69                           | 5.3                             | 46                              | 35                                                     | 1.75                                             | 0.33                                             |
| C              | 红壤土<br>red bamy soil            | 5.51 | 24.69                                      | 1.70                           | 0.71                           | 16.40                          | 8.5                             | 146                             | 187                                                    | 6.02                                             | 2.29                                             |
| D              | 杂砂赤红壤土<br>crimson sandy soil    | 6.29 | 12.51                                      | 0.71                           | 0.55                           | 27.40                          | 3.5                             | 60                              | 1 143                                                  | 4.15                                             | 0.96                                             |
| E              | 赤红土<br>crimson soil             | 4.95 | 17.20                                      | 0.85                           | 0.45                           | 5.96                           | 1.8                             | 41                              | 54                                                     | 0.53                                             | 0.20                                             |
| F              | 棕泥土<br>brown limestone soil     | 6.99 | 20.32                                      | 1.42                           | 0.83                           | 6.55                           | 1.9                             | 42                              | 113                                                    | 12.7                                             | 1.79                                             |
| G              | 赤粘土<br>crimson clayey soil      | 6.22 | 31.84                                      | 1.66                           | 0.35                           | 3.48                           | 2.1                             | 71                              | 55                                                     | 7.50                                             | 0.62                                             |
| H              | 酸紫壤土<br>acid purple soil        | 4.80 | 14.98                                      | 0.79                           | 0.32                           | 16.70                          | 5.5                             | 155                             | 408                                                    | 12.80                                            | 2.89                                             |
| I              | 潮沙土<br>alluvial sandy soil      | 6.59 | 14.86                                      | 0.82                           | 0.57                           | 1.68                           | 27.8                            | 190                             | 110                                                    | 5.23                                             | 0.98                                             |
| J              | 海积砖红泥土<br>marine lateritic soil | 5.72 | 16.83                                      | 0.72                           | 0.39                           | 2.11                           | 4.0                             | 45                              | 63                                                     | 0.99                                             | 0.25                                             |

## 2 结果与分析

### 2.1 钾肥利用率

表 2 的结果表明, 在盆栽条件下, 各种土壤钾肥利用率之间的差异较大, 第 1 季钾肥利用率变化范围为 84.1%~95.1%, 平均为 90.5%, 最高的为 F 号土, 最低的为 C 号土. 第 1 年钾肥利用率变化范围为 75.6%~91.9%, 平均为 86.6%, 最高的为 A 号土, 最低的为 H 号土. 前 2 年钾肥利用率变化范围为 79.1%~91.8%, 平均为 85.9%, 最高的为 A 号土, 最低的为 H 号土. 3 年总计钾肥利用率变化范

围为 79.0%~93.8%, 平均为 87.5%, 最高的为 A 号土, 最低的为 H 号土.

第 1 季钾肥利用率、第 1 年钾肥利用率、前 2 年钾肥利用率和 3 年总计钾肥利用率之间的差别不是很大, 特别是 3 年总计钾肥利用率比第 1 年钾肥利用率和前 2 年钾肥利用率略高, 这是因为随着试验的进行, 不施钾处理玉米每季吸钾量不断减少, 而施钾处理玉米每季吸钾量继续保持一定水平, 从而使钾肥利用率的计算结果略有增加.

由于本次试验条件下, 没有钾的淋溶和径流损失, 所采用的试验土壤是以 1:1 型粘土矿物为主的

土壤, 土壤对钾的固定作用较弱<sup>[7]</sup>, 而且在计算玉米的吸钾量时包含了地下部分(根系)的吸钾量, 因此表 2 中的钾肥利用率高于通常认为的钾肥利用率.

表 2 玉米的吸钾量和钾肥利用率<sup>1)</sup>

Tab. 2 The uptake of K and the utilization ratio of K fertilizer

| 土壤编号<br>soil No. | NPK 处理玉米吸钾量<br>the K uptake of NPK/(mg·kg <sup>-1</sup> ) |           |           |            | NP 处理玉米吸钾量<br>the K uptake of NP/(mg·kg <sup>-1</sup> ) |           |           |            | 钾肥利用率<br>utilization ratio of K fertilizer/% |           |           |            |
|------------------|-----------------------------------------------------------|-----------|-----------|------------|---------------------------------------------------------|-----------|-----------|------------|----------------------------------------------|-----------|-----------|------------|
|                  | 第 1 季                                                     | 第 1 年     | 前 2 年     | 3 年共计      | 第 1 季                                                   | 第 1 年     | 前 2 年     | 3 年共计      | 第 1 季                                        | 第 1 年     | 前 2 年     | 3 年共计      |
|                  | the first                                                 | the first | the first | the total  | the first                                               | the first | the first | the total  | the first                                    | the first | the first | the total  |
|                  | crop                                                      | year      | 2 years   | of 3 years | crop                                                    | year      | 2 years   | of 3 years | crop                                         | year      | 2 years   | of 3 years |
| A                | 152.3                                                     | 603.4     | 1 120     | 1 562      | 59.6                                                    | 107.1     | 127.9     | 144.0      | 85.8                                         | 91.9      | 91.8      | 93.8       |
| B                | 140.1                                                     | 547.0     | 1 022     | 1 448      | 40.0                                                    | 61.4      | 72.8      | 74.8       | 92.7                                         | 89.9      | 87.9      | 90.8       |
| C                | 198.9                                                     | 687.5     | 1 193     | 1 598      | 108.1                                                   | 211.0     | 264.9     | 316.0      | 84.1                                         | 88.2      | 86.0      | 84.8       |
| D                | 169.1                                                     | 609.9     | 1 111     | 1 560      | 69.8                                                    | 132.2     | 158.8     | 184.0      | 91.9                                         | 88.5      | 88.2      | 91.0       |
| E                | 129.7                                                     | 550.0     | 1 015     | 1 429      | 30.2                                                    | 61.1      | 86.4      | 92.6       | 92.1                                         | 90.5      | 86.0      | 88.4       |
| F                | 125.7                                                     | 520.8     | 963       | 1 341      | 23.0                                                    | 76.8      | 99.0      | 138.0      | 95.1                                         | 82.2      | 80.0      | 79.6       |
| G                | 158.2                                                     | 580.3     | 1 055     | 1 483      | 56.1                                                    | 95.5      | 128.1     | 158.0      | 94.5                                         | 89.8      | 85.8      | 87.7       |
| H                | 216.2                                                     | 659.5     | 1 153     | 1 533      | 123.8                                                   | 251.5     | 299.0     | 339.0      | 85.6                                         | 75.6      | 79.1      | 79.0       |
| I                | 310.5                                                     | 733.8     | 1 240     | 1 680      | 210.1                                                   | 273.9     | 300.0     | 321.0      | 93.0                                         | 85.2      | 87.0      | 89.9       |
| J                | 124.0                                                     | 513.8     | 1 027     | 1 457      | 27.0                                                    | 60.7      | 83.1      | 87.0       | 89.8                                         | 83.9      | 87.4      | 90.6       |

1) NPK 为施 K, NP 为不施 K; 钾肥利用率=[(NPK 处理玉米吸钾量-NP 处理玉米吸钾量)/钾肥施用量]×100%; 钾肥施用量: 第 1 季为 108 mg/kg; 第 1 年为 540 mg/kg; 前 2 年为 1 080 mg/kg; 3 年共计 1 512 mg/kg

2.2 钾肥利用率与土壤性状的关系

表 3 的结果表明, 钾肥利用率与收获后土壤速效钾含量呈极显著的负相关性, 第 1 季钾肥利用率与第 1 季玉米幼苗收获后土壤速效钾含量相关系数为-0.821 8, 第 1 年钾肥利用率与第 1 年收获后土壤速效钾含量相关系数为-0.846 7, 前 2 年的钾肥利用率与第 2 年玉米幼苗收获后土壤速效钾含量相关系数为-0.816 9, 3 年总计钾肥利用率与最后 1 季玉米幼苗收获后土壤速效钾含量相关系数为-0.902 2, 相关性都达到 0.01 的极显著水平. 钾肥利用率与种植前土壤中的速效钾含量及种植前和收获后的土壤缓效钾含量都没有明显的相关性.

一般认为钾肥利用率主要受土壤的供钾水平和钾肥施用量的影响. 土壤速效钾含量越高, 土壤供钾量就越大, 钾肥利用率就越低; 钾肥施用量越高, 钾肥利用率就越低. 钾肥利用率的计算公式已很好地 将这种关系表现出来. 而本次试验的结果表明钾肥 利用率与种植前土壤速效钾含量没有明显的相关 性, 而与收获后土壤的速效钾含量呈显著的负相关, 这种关系表明: 只要作物收获后土壤的供钾水平较 低, 不管种植前土壤的供钾水平如何, 钾肥利用率都 较高; 如果作物收获后土壤的供钾水平较高, 不管种 植前土壤的供钾水平如何, 钾肥利用率都较低. 本次 试验进行了 3 年, 种植 14 季作物, 有些土壤(如 I 号 土)种植前其速效钾含量很高, 不施钾处理的吸钾量

较大, 但收获后施钾处理的土壤的速效钾含量低, 表 明原来土壤中的钾也被作物吸收了, 施钾处理的吸 钾量也增加了, 施钾处理的吸钾量与不施钾处理的 吸钾量的差值会更接近钾肥施用量, 因此钾肥利用 率也较高; 反之, 有些土壤(如 F 号土)种植前土壤速 效钾含量很低, 不施钾处理的土壤供钾量较低, 但收 获后施钾处理的速效钾含量高, 表明施用的钾肥有 部分没有被作物吸收, 而残留在土壤中, 施钾处理的 吸钾量降低了, 因此钾肥利用率就较低. 可以认为本 试验条件下钾肥利用率与收获后土壤的速效钾含量 水平的关系密切.

第 1 季钾肥利用率与土壤交换性钙、镁及阳离 子代换量(CEC)的相关性不显著, 第 1 年后的钾肥 利用率与土壤交换性钙、镁及土壤阳离子代换量的 负相关性也达到显著水平(表 4). 这是因为本试验 持续了 3 年, 种植最初几季玉米后, 不施钾处理的速 效钾含量很快降低到较低水平, 土壤 CEC 较高的土 壤对钾吸附能力较强, 土壤的持续供钾能力较强<sup>[2,8]</sup>, 其不施钾处理吸收的钾素相对较多, 因此土 壤供钾量相对增加, 而且钙、镁与钾之间存在拮抗作 用<sup>[2]</sup>, 钙、镁含量较高, 抑制了钾的吸收, 所以使钾肥 利用率有所下降. 土壤交换性钙、镁及阳离子代换量 对钾肥利用率的影响在短期试验时(第 1 季)不明 显, 长期试验才表现明显.

表 3 钾肥利用率与速效钾含量和缓效钾含量的相关性

Tab. 3 The relationship of the utilization of K fertilizer to soil available K or soil slow available K

| 土壤编号<br>soil No.                                                      | 种植前<br>before culture      | w(速效钾 available K)/(mg·kg <sup>-1</sup> ) |                                   |                                        |                                   | 种植前<br>before culture | w(缓效钾 slow available K)/(mg·kg <sup>-1</sup> ) |                                   |                                        |                                   |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|
|                                                                       |                            | 第 1 季后<br>after the<br>first crop         | 第 1 年后<br>after the<br>first year | 前 2 年后<br>after the<br>first two years | 最后 1 季后<br>after the<br>last crop |                       | 第 1 季后<br>after the<br>first crop              | 第 1 年后<br>after the<br>first year | 前 2 年后<br>after the<br>first two years | 最后 1 季后<br>after the<br>last crop |
|                                                                       |                            |                                           |                                   |                                        |                                   |                       |                                                |                                   |                                        |                                   |
| A                                                                     | 78                         | 48                                        | 42                                | 45                                     | 40                                | 78                    | 69                                             | 64                                | 60                                     | 68                                |
| B                                                                     | 46                         | 25                                        | 34                                | 74                                     | 75                                | 35                    | 35                                             | 32                                | 38                                     | 42                                |
| C                                                                     | 146                        | 77                                        | 46                                | 84                                     | 81                                | 187                   | 180                                            | 179                               | 185                                    | 192                               |
| D                                                                     | 60                         | 24                                        | 32                                | 43                                     | 40                                | 1 143                 | 1 136                                          | 1 148                             | 1 179                                  | 1 194                             |
| E                                                                     | 41                         | 26                                        | 30                                | 95                                     | 104                               | 54                    | 50                                             | 65                                | 68                                     | 75                                |
| F                                                                     | 42                         | 25                                        | 50                                | 115                                    | 143                               | 113                   | 105                                            | 120                               | 148                                    | 163                               |
| G                                                                     | 71                         | 30                                        | 52                                | 75                                     | 81                                | 55                    | 49                                             | 52                                | 48                                     | 44                                |
| H                                                                     | 155                        | 75                                        | 86                                | 96                                     | 136                               | 408                   | 394                                            | 386                               | 372                                    | 365                               |
| I                                                                     | 190                        | 53                                        | 55                                | 75                                     | 60                                | 110                   | 98                                             | 95                                | 96                                     | 92                                |
| J                                                                     | 45                         | 39                                        | 70                                | 84                                     | 79                                | 63                    | 39                                             | 70                                | 84                                     | 59                                |
| 相关系数( <i>r</i> )<br>the<br>correlative<br>coefficient<br>( <i>r</i> ) | 第 1 季<br>the 1st crop      | -0.435 9                                  | -0.821 8 **                       |                                        |                                   | -0.061 0              | -0.055 8                                       |                                   |                                        |                                   |
|                                                                       | 第 1 年<br>the 1st year      | -0.387 5                                  |                                   | -0.846 7 **                            |                                   | -0.122 3              |                                                | -0.111 6                          |                                        |                                   |
|                                                                       | 前 2 年<br>the first 2 years | -0.183 8                                  |                                   |                                        | -0.816 9 **                       | -0.009 4              |                                                |                                   | -0.005 8                               |                                   |
|                                                                       | 3 年总计<br>the total 3 years | -0.242 4                                  |                                   |                                        |                                   | -0.902 2 **           | 0.008 3                                        |                                   |                                        | 0.011 4                           |
|                                                                       |                            |                                           |                                   |                                        |                                   |                       |                                                |                                   |                                        |                                   |

表 4 钾肥利用率与土壤交换性钙、镁及阳离子代换量(CEC)的相关性

Tab. 4 The relationship of the utilization of K fertilizer and soil changeable Ca Mg and cation exchange capacity(CEC)

| 土壤编号 soil No.                                     |                         | 种植前土壤交换性                                                   |                                                            |                                                             |
|---------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
|                                                   |                         | exchangeable before cultured                               |                                                            |                                                             |
|                                                   |                         | $b(\text{Ca})/$<br>( $\text{cmol}^{\circ}\text{kg}^{-1}$ ) | $b(\text{Mg})/$<br>( $\text{cmol}^{\circ}\text{kg}^{-1}$ ) | $b(\text{CEC})/$<br>( $\text{cmol}^{\circ}\text{kg}^{-1}$ ) |
|                                                   | A                       | 6.77                                                       | 0.89                                                       | 7.89                                                        |
|                                                   | B                       | 1.75                                                       | 0.33                                                       | 4.30                                                        |
|                                                   | C                       | 6.02                                                       | 2.29                                                       | 9.72                                                        |
|                                                   | D                       | 4.15                                                       | 0.96                                                       | 5.37                                                        |
|                                                   | E                       | 0.53                                                       | 0.20                                                       | 4.76                                                        |
|                                                   | F                       | 12.74                                                      | 1.79                                                       | 14.72                                                       |
|                                                   | G                       | 7.50                                                       | 0.62                                                       | 8.41                                                        |
|                                                   | H                       | 12.80                                                      | 2.89                                                       | 24.92                                                       |
|                                                   | I                       | 5.23                                                       | 0.98                                                       | 6.76                                                        |
|                                                   | J                       | 0.99                                                       | 0.25                                                       | 2.55                                                        |
| 相关系数( $r$ )<br>the correlative coefficient( $r$ ) | 第 1 季 the 1st crop      | -0.124 0                                                   | -0.528 5                                                   | -0.329 0                                                    |
|                                                   | 第 1 年 the 1st year      | -0.617 0                                                   | -0.671 1 *                                                 | -0.770 8 **                                                 |
|                                                   | 前 2 年 the first 2 years | -0.697 8 *                                                 | -0.666 6 *                                                 | -0.801 8 **                                                 |
|                                                   | 3 年总计 the total 3 years | -0.763 3 *                                                 | -0.786 5 **                                                | -0.843 2 **                                                 |

2.3 土壤供钾量和钾肥利用率的再认识

本次试验是在无钾的径流和淋溶损失的条件下

进行的,而试验土壤为广西的旱地土壤,土壤粘土矿  
物以 1:1 型为主<sup>[7]</sup>,这些土壤对钾的固定作用较弱,

因此钾肥的实际利用率应该是很高的. 而试验结果所揭示的钾肥利用率与收获后的土壤速效钾含量的关系表明, 钾肥利用率低的原因主要是收获后土壤供钾水平较高, 土壤中残留了较多的钾素. 而且在本次试验条件下, 施钾处理是连续 14 造施钾, 而不施钾处理是连续 14 造不施钾, 因此按照传统方法以不施钾处理的吸钾量作为土壤供钾量不能正确反映施钾处理土壤钾对作物的实际贡献. 种植前和收获后的土壤供钾水平的改变较能正确反映土壤钾对作物的实际贡献. 以施钾处理种植前和收获后的土壤速效钾含量的改变作为土壤供钾量来重新计算钾肥利用率(表 5). 结果表明: 收获后土壤速效钾含量比种

植前土壤速效钾含量减少的土壤, 钾肥利用率高于 100%, 这是由于以土壤速效钾含量的减少值作为土壤供钾量导致土壤供钾量的估算结果偏低. 作物实际对土壤钾的吸收量高于种植前后土壤速效钾含量的减少值, 因为土壤对钾有一定的缓冲能力, 有部分缓效钾释放变为速效钾被玉米吸收, 即收获后土壤速效钾含量减少 1 个单位, 土壤对作物贡献的钾要大于 1 个单位<sup>[9-10]</sup>. 收获后土壤速效钾含量比种植前土壤速效钾含量增加的土壤, 钾肥的利用率均低于 100%, 且与收获后土壤速效钾含量增加量有关, 收获后土壤速效钾含量增加越多, 钾肥的利用率就越低, 这是因为有部分钾肥残留在土壤中.

表 5 根据土壤速效钾含量的改变计算的土壤供钾量和钾肥利用率<sup>1)</sup>

| NPK 处理玉米吸钾量 |                                            |                |                   |                      | w (收获后速效钾                                           |                |                   |                      |
|-------------|--------------------------------------------|----------------|-------------------|----------------------|-----------------------------------------------------|----------------|-------------------|----------------------|
| 土壤编号        | the K uptake of NPK/(mg·kg <sup>-1</sup> ) |                |                   |                      | available K after harvested)/(mg·kg <sup>-1</sup> ) |                |                   |                      |
| soil No.    | 第 1 季                                      | 第 1 年          | 前 2 年             | 3 年共计                | 第 1 季                                               | 第 1 年          | 前 2 年             | 3 年共计                |
|             | the first crop                             | the first year | the first 2 years | the total of 3 years | the first crop                                      | the first year | the first 2 years | the total of 3 years |
| A           | 152.3                                      | 603.4          | 1 120             | 1 562                | 48                                                  | 42             | 45                | 40                   |
| B           | 140.1                                      | 547.0          | 1 022             | 1 448                | 25                                                  | 34             | 74                | 75                   |
| C           | 198.9                                      | 687.5          | 1 193             | 1 598                | 77                                                  | 46             | 84                | 81                   |
| D           | 169.1                                      | 609.9          | 1 111             | 1 560                | 24                                                  | 32             | 43                | 40                   |
| E           | 129.7                                      | 550.0          | 1 015             | 1 429                | 26                                                  | 30             | 95                | 104                  |
| F           | 125.7                                      | 520.8          | 963               | 1 341                | 25                                                  | 50             | 115               | 143                  |
| G           | 158.2                                      | 580.3          | 1 055             | 1 483                | 30                                                  | 52             | 75                | 81                   |
| H           | 216.2                                      | 659.5          | 1 153             | 1 533                | 75                                                  | 86             | 96                | 136                  |
| I           | 310.5                                      | 733.8          | 1 240             | 1 680                | 53                                                  | 55             | 75                | 60                   |
| J           | 124.0                                      | 513.8          | 1 027             | 1 457                | 39                                                  | 70             | 84                | 79                   |

| 土壤供钾量    |                                         |                |                   |                      | 钾肥利用率                               |                |                   |                      |
|----------|-----------------------------------------|----------------|-------------------|----------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|----------------------|
| 土壤编号     | supply of soil K/(mg·kg <sup>-1</sup> ) |                |                   |                      | utilization ratio of K fertilizer/% |                |                   |                      |
| soil No. | 第 1 季                                   | 第 1 年          | 前 2 年             | 3 年共计                | 第 1 季                               | 第 1 年          | 前 2 年             | 3 年共计                |
|          | the first crop                          | the first year | the first 2 years | the total of 3 years | the first crop                      | the first year | the first 2 years | the total of 3 years |
| A        | 36.2                                    | 43.4           | 40                | 46                   | 107.5                               | 103.7          | 100.0             | 100.3                |
| B        | 25.3                                    | 14.5           | 0                 | 0                    | 106.3                               | 98.6           | 94.6              | 95.8                 |
| C        | 83.2                                    | 120.5          | 75                | 78                   | 107.1                               | 105.0          | 103.5             | 100.5                |
| D        | 43.4                                    | 33.7           | 20                | 24                   | 116.4                               | 106.7          | 101.0             | 101.6                |
| E        | 18.1                                    | 13.3           | 0                 | 0                    | 103.3                               | 99.4           | 94.0              | 94.5                 |
| F        | 20.5                                    | 0              | 0                 | 0                    | 97.4                                | 96.4           | 89.2              | 88.7                 |
| G        | 49.4                                    | 22.9           | 0                 | 0                    | 100.7                               | 103.2          | 97.7              | 98.1                 |
| H        | 96.4                                    | 83.2           | 71                | 23                   | 110.9                               | 106.7          | 100.2             | 99.9                 |
| I        | 165.1                                   | 162.7          | 139               | 157                  | 134.6                               | 105.8          | 101.9             | 100.7                |
| J        | 7.2                                     | 0              | 0                 | 0                    | 108.1                               | 95.1           | 95.1              | 96.4                 |

1) 土壤供钾量=(种植前土壤速效钾含量-施钾处理收获后土壤速效钾含量)×1.205. 如果施钾处理收获后土壤速效钾含量大于种植前土壤速效钾含量,则土壤供钾量=0; 钾肥利用率=[(NPK 处理玉米吸钾量-土壤供钾量)/钾肥施用量]×100%. 钾肥施用量: 第 1 季为 108 mg/kg; 第 1 年为 540 mg/kg; 前 2 年为 1 080 mg/kg; 3 年共计 1 512 mg/kg

3 讨论与结论

本次试验用传统方法测得的钾肥利用率与种植前的土壤速效钾的相关性不明显,而与收获后的土壤速效钾含量呈非常显著的负相关,这表明钾肥利用率与种植前土壤的供钾水平关系不大,而与收获后的土壤供钾水平呈显著的负相关。因此传统方法仅以种植前土壤的供钾水平为基础来估算土壤供钾量的一系列方法都是不全面的。土壤供钾量和钾肥利用率的正确估算应同时考虑种植前和收获后的土壤供钾水平。土壤速效钾含量能代表广西主要旱地土壤的供钾状况。

本次试验测得的钾肥利用率与土壤阳离子代换量呈显著的负相关,这表明由于土壤阳离子代换量影响土壤对钾的缓冲能力,能对土壤供钾量和钾肥利用率的计算结果产生影响,因此,计算土壤供钾量和钾肥利用率时应考虑土壤阳离子代换量的影响。

要准确了解钾肥的实际利用率,最困难的是土壤供钾量的准确估计。从本次试验的结果表明,由于收获后施钾处理的土壤供钾水平比不施钾处理高,以不施钾处理的吸钾量作为土壤供钾量,其结果往往会大于施钾处理的土壤实际供钾量,会使钾肥利用率的计算结果偏低,这与吕甚悟等<sup>[1]</sup>的报道一致。而直接用种植前后土壤速效钾含量的改变作为土壤供钾量,由于土壤对钾有缓冲作用<sup>[8~10]</sup>,会使土壤供钾量的估算结果偏低,使钾肥利用率的计算结果偏高。从本次试验结果来看,土壤供钾量应依据种植前和收获后土壤供钾水平的改变及土壤对钾的缓冲能力来估算才符合实际情况,钾肥利用率的计算也应以此为基础。

在实际应用时,收获后的土壤速效钾含量只是一个目标值,通常为了提高钾肥的利用率,收获后的土壤速效钾含量可以定为土壤速效钾“临界值”,土

壤供钾量可以通过测定种植前的土壤速效钾含量和土壤速效钾“临界值”来估算,因此钾肥推荐施用量可依据“作物需钾量”、种植前的土壤“速效钾含量”、土壤速效钾“临界值”和钾肥利用率等参数计算出来。

参考文献:

[ 1 ] 农业部科学技术司. 中国南方农业中的钾[ M]. 北京: 中国农业出版社, 1995. 116.

[ 2 ] 谢建昌, 周建明. 钾与中国农业[ M]. 南京: 河海大学出版社, 2000. 179— 184.

[ 3 ] 何念祖, 林咸永, 林荣新, 等. 碳氮磷钾投入量对三熟制稻田生物量的影响[ J]. 土壤通报, 1995, 26 ( 7 ): 21— 23.

[ 4 ] 陶其骧, 罗奇祥, 刘光荣. 连续施钾对作物增产及土壤供钾能力的影响[ J]. 江西农业学报, 1994, 6 ( 增刊 ): 22— 26.

[ 5 ] 钦绳武, 顾益初, 朱兆良, 等. 潮土肥力演变与施肥作用的长期定位试验初报[ J]. 土壤学报, 1998, 35 ( 3 ): 367— 375.

[ 6 ] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[ M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000. 13, 24— 26, 95— 96, 107— 108, 147— 149, 166— 168, 180— 181, 188— 190, 194— 195.

[ 7 ] 广西土壤肥料工作站. 广西土壤[ M]. 南宁: 广西科学技术出版社, 1994. 300— 301.

[ 8 ] 高小杰, 胡靛堂. 菜地土壤供钾状况研究: II. 南京郊区菜地土壤对外源钾的缓冲性能[ J]. 土壤, 1997, ( 3 ): 142— 144, 155.

[ 9 ] 芒森 R D. 农业中的钾[ M]. 范钦桢, 郑文钦, 等译. 北京: 科学技术出版社, 1995. 914.

[ 10 ] 龚次元. 湖南省主要类型土壤钾素缓冲量的研究[ J]. 湖南农业科学, 1994, ( 5 ): 36— 39.

[ 11 ] 吕甚悟, 张勇军. 对磷钾肥利用率和需用量的探讨[ J]. 土壤通报, 2003, 34 ( 3 ): 198— 201.

【责任编辑 李晓卉】