

## 泉州市耕地土壤氮磷钾养分平衡研究

盛锦寿, 王永来, 陈秋金

(泉州市农业局土肥站, 福建 泉州 362000)

**摘 要:** 通过5 a的耕地土壤定位监测结果表明, 在常规施肥和管理水平条件下, 各个监测点的土壤养分平衡状况是氮磷有盈余而钾亏缺严重。今后应调整施肥结构, 稳氮、控磷、增钾, 以有机肥为主, 有机无机结合, 培肥地力。

**关键词:** 耕地土壤; 定位监测; 养分平衡

**中图分类号:** S 158.2

**文献标识码:** A

### Study on the NPK nutrient balance of cultivated soils in Quanzhou

SHENG Jin-shou, WANG Yong-lai, CHEN Qiu-jin

(Soil and Fertilizer Station, Agricultural Bureau of Quanzhou City, Quanzhou, Fujian 362000, China)

**Abstract:** Cultivated soil in Quanzhou City had been monitored for 5 years. The results showed that applying fertilizer with the routine management, caused the surplus of nitrogen, phosphorus in the soil but the potassium lost seriously. Fertilizer-Appling structure needs to be adjusted to steady nitrogen fertilizer, control the phosphorus fertilizer, increase the potassium fertilizer, rely mainly on the organic fertilizer.

**Key words:** Cultivated soils; Fixed-site inspect; Nutrient balance

我市农田土壤由于长期忽视有机肥的施用, 大量滥施化肥, 致使土壤养分比例失调, 耕地质量下降, 对农业生产带来不利的影响。为了探讨在目前农业生产管理水平条件下, 不同轮作制度、不同肥料结构情况下的农田土壤养分平衡状况, 我市于1998年开始, 建立耕地土壤长期定位监测点, 进行

深入研究, 旨在指导合理施肥, 保护和提高耕地质量。

### 1 监测设计与方法

定位监测点设于德化、永春、安溪、南安、晋江5个县(市)的地块上。具体情况详见表1。

表1 泉州市耕地地力监测点分布概况

Table 1 Distribution of cropland fertility inspect spot in Quanzhou City

| 项 目   | 德化龙浔<br>英山村 | 安溪城厢<br>光德村 | 南安城关<br>莲塘村 | 晋江陈埭<br>洋埭村 | 晋江内坑<br>上方村  |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 土壤类型(亚类)                                    | 渗育水稻土       | 渗育水稻土       | 潜育水稻土       | 盐渍水稻土       | 赤红壤          |
| 海拔高度(m)                                     | 530         | 25          | 17          | 8           | 30           |
| 地形部位  | 丘陵坡地        | 河谷阶地        | 古河漫滩        | 海积冲积平原      | 台地中坡段        |
| 有效积温(℃)                                     | 5200        | 6238        | 6500        | 7500        | 6536         |
| 种植方式  | 单季中稻        | 稻—稻, 花生—稻   | 稻—稻—冬闲      | 稻—稻—冬闲      | 花生—甘薯, 大豆—甘薯 |
| 生产水平(kg·hm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> ) | 6000~6750   | 9750~10500  | 12000~12750 | 12000~13500 | 7500~9000    |
| 肥力等级  | I           | I           | I           | I           | II           |

监测设不施肥(对照区)和施肥(农民习惯施肥区, 简称施肥区)两个处理, 不设重复。对照区

面积80~130 m<sup>2</sup>, 施肥区面积120~300 m<sup>2</sup>。处理间用水泥板隔开, 独立排灌。除施肥措施外, 其它管

收稿日期: 2004—11—18 初稿; 2005—05—28 修改稿

作者简介: 盛锦寿(1964—), 男, 高级农艺师, 长期从事土壤肥料技术推广和检测工作。

理措施一致。于1999~2003年实施连续监测。

监测前取初始农化土样化验。在年度常规工作中,每年秋收后取监测小区耕层混合土样分析化验,并随机取植株样以测定干物质果实和秸秆的氮磷钾养分含量。记载化肥和有机肥施入量等农事季节活动过程,每季对作物经济产量和生物产量分别测产。

土壤:有机质含量测定采用油浴加热重铬酸钾容量法;全氮含量测定采用半微量开氏定氮法;碱解氮含量测定采用碱解扩散吸收法;速效磷含量测定采用碳酸氢钠浸提钼锑抗比色法;缓效钾含量测定采用硝酸提取火焰光度计法;速效钾含量测定采用中性醋酸铵浸提火焰光度计法;pH值测定采用电位法(1:1)分析<sup>[1]</sup>。

植株:全氮、磷、钾均用硫酸—过氧化氢消煮,氮用碱化后蒸馏法,磷用钒钼黄比色法,钾用火焰光度法测定<sup>[2]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 氮磷钾循环的基本参数

2.1.1 作物氮磷钾含量 作物养分吸收量直接和作物养分含量有关,是土壤养分支出中的主要内容,是养分循环的主要特征之一<sup>[3]</sup>。对定位监测点上作物的果实和秸秆氮磷钾含量化验分析结果列表2。分析结果表明,氮磷钾在作物不同器官间的积累与分配方面,除甘薯外,果实是贮藏氮磷元素的重要场所,其氮元素和磷元素含量占整个植株总含量的比率:花生分别为74.8%和74.5%、大豆分别为88.4%和89.6%、水稻分别为56.1%~66.9%和53.5%~79.8%。而秸秆是贮存钾元素的重要场所,其钾元素占整个植株总含量的比率:水稻为77.9%~87.7%、甘薯为56.4%、花生为56.2%。

表2 定位监测点上作物养分含量

Table 2 Nutrient content of crops at inspect spots

(单位:%)

| 元素 | 作物 | 常规<br>早稻 | 常规<br>晚稻 | 杂交<br>早稻 | 杂交<br>中稻 | 杂交<br>晚稻 | 甘薯    | 花生    | 大豆    |
|----|----|----------|----------|----------|----------|----------|-------|-------|-------|
| N  | 秸秆 | 0.880    | 1.037    | 0.654    | 0.839    | 1.200    | 2.060 | 1.886 | 0.878 |
|    | 果实 | 1.194    | 1.454    | 1.322    | 1.378    | 1.535    | 1.154 | 5.592 | 6.702 |
| P  | 秸秆 | 0.186    | 0.172    | 0.102    | 0.164    | 0.122    | 0.177 | 0.200 | 0.073 |
|    | 果实 | 0.214    | 0.289    | 0.402    | 0.277    | 0.278    | 0.172 | 0.585 | 0.632 |
| K  | 秸秆 | 2.05     | 2.20     | 3.63     | 1.69     | 1.64     | 1.58  | 1.82  | 1.46  |
|    | 果实 | 0.33     | 0.34     | 0.51     | 0.27     | 0.465    | 1.22  | 1.42  | 2.20  |

表3 定位监测点上生产100 kg子粒的养分消耗量

Table 3 Total nutrient consume of 100 kg grain at inspect spots

| 作物   | 养分消耗量(kg) |      |      | 养分比例<br>N : P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : K <sub>2</sub> O |
|------|-----------|------|------|--|
|      | N         | P    | K    |  |
| 常规早稻 | 2.12      | 0.49 | 2.48 | 1 : 0.53 : 1.40  |
| 常规晚稻 | 2.55      | 0.47 | 2.67 | 1 : 0.42 : 1.26  |
| 杂交早稻 | 2.05      | 0.50 | 2.81 | 1 : 0.56 : 1.64  |
| 杂交中稻 | 2.03      | 0.36 | 1.63 | 1 : 0.41 : 0.96  |
| 杂交晚稻 | 2.95      | 0.41 | 2.08 | 1 : 0.32 : 0.85  |
| 甘薯   | 1.98      | 0.24 | 1.70 | 1 : 0.28 : 1.03  |
| 花生   | 8.92      | 0.76 | 4.32 | 1 : 0.20 : 0.58  |
| 大豆   | 7.91      | 0.73 | 4.21 | 1 : 0.21 : 0.64  |

2.1.2 作物氮磷钾消耗量 作物养分消耗量对养分循环有一定参考作用,通过各个监测点各季作物的经济产量,利用果实和秸秆的化验数据,求出每生产100 kg经济产量需消耗的养分量。表3结果表明,水稻、甘薯对氮钾元素的吸收量大于磷素,花生、大豆对氮素的吸收量大于磷钾元素。不同作物的P/N比值分别为:水稻0.14~0.24、甘薯0.12、花生0.09、大豆0.09, K/N比值分别为:水稻0.71~1.37、甘薯0.86、花生0.48、大豆0.53。

### 2.2 土壤氮磷钾收支平衡状况

土壤—作物系统中各种肥料投入和产出对土壤养分存量的影响,一般以肥料的投入量与作物的吸收量两项收支的盈亏量表示。一般以养分投入与产出之比为平衡系数来表示土壤养分收支平衡状况,此值偏离平衡点越大,表示越不平衡,可以用来判断农田施肥合理与否<sup>[4]</sup>。

2.2.1 氮素平衡状况 不同监测点、同一监测点年度间的氮素盈亏量有较大差异,各监测点5a中氮元素平均年盈亏量在1.0~103.1 kg·hm<sup>-2</sup>,总平均66.4 kg·hm<sup>-2</sup>;平衡系数在1.0~1.7之间,平均为1.4。其中双季稻区的光德、莲塘、洋埭三处氮素盈余量较低,平均值分别为65.2、1.0和83.6 kg·hm<sup>-2</sup>,平均平衡系数分别为1.3、1.0、1.3,略高于平衡点(表4)。虽然三处氮素盈余,但对土壤碱解氮含量仅有微小的提高(表5)。表明氮肥施用基本合理,必须保持氮素略有盈余,才能满足作物氮素营养需求。上方和英山两处平均氮素盈余量分别为103.1 kg·hm<sup>-2</sup>和79.3 kg·hm<sup>-2</sup>,年度平衡系数达1.9,甚至高达2.4以上,说明氮素的投入量是作物吸收量的1.9倍甚至2.4倍以上,然而土壤碱

解氮都下降,表明此两处氮素利用率很低,可能因素损失。相关性统计结果,平衡系数与土壤碱解氮施肥方法不当或土壤性质及环境不良条件易造成氮之间呈负相关,相关系数为-0.291 7。

表4 定位监测点上土壤养分平衡状况  
Table 4 Soil nutrient balance at inspect spots

| 监测点      | 年度   | 肥料投入量(kg·hm <sup>-2</sup> ) |       |       | 养分带出量(kg·hm <sup>-2</sup> ) |      |       | 盈亏量(kg·hm <sup>-2</sup> ) |       |        | 平衡系数 |     |     |
|----------|------|-----------------------------|-------|-------|-----------------------------|------|-------|---------------------------|-------|--------|------|-----|-----|
|          |      | N                           | P     | K     | N                           | P    | K     | N                         | P     | K      | N    | P   | K   |
| 德化<br>英山 | 1999 | 142.2                       | 31.1  | 68.6  | 105.5                       | 17.3 | 88.7  | 36.7                      | 13.8  | -20.1  | 1.3  | 1.8 | 0.8 |
|          | 2000 | 163.5                       | 33.0  | 73.4  | 128.7                       | 19.1 | 102.5 | 34.8                      | 13.9  | -29.1  | 1.3  | 1.7 | 0.7 |
|          | 2001 | 224.6                       | 41.4  | 91.5  | 106.9                       | 18.9 | 85.8  | 117.7                     | 22.5  | 5.7    | 2.1  | 2.2 | 1.1 |
|          | 2002 | 177.0                       | 24.0  | 27.0  | 120.8                       | 23.3 | 82.8  | 56.2                      | 0.7   | -55.8  | 1.5  | 1.0 | 0.3 |
|          | 2003 | 286.5                       | 18.2  | 34.5  | 135.5                       | 27.0 | 96.3  | 151.0                     | -8.8  | -61.8  | 2.1  | 0.7 | 0.4 |
|          | 平均   | 198.8                       | 29.5  | 59.0  | 119.5                       | 21.1 | 91.2  | 79.3                      | 8.4   | -32.2  | 1.7  | 1.4 | 0.7 |
| 安溪<br>光德 | 1999 | 222.0                       | 56.4  | 160.5 | 283.4                       | 73.4 | 335.9 | -61.0                     | -17.0 | -175.4 | 0.8  | 0.8 | 0.5 |
|          | 2000 | 360.8                       | 63.8  | 127.7 | 251.4                       | 51.2 | 214.1 | 109.4                     | 12.6  | -86.4  | 1.4  | 1.2 | 0.6 |
|          | 2001 | 278.4                       | 220.1 | 168.8 | 224.1                       | 51.9 | 321.5 | 54.3                      | 168.2 | -152.7 | 1.2  | 4.2 | 0.5 |
|          | 2002 | 482.9                       | 72.8  | 95.7  | 217.5                       | 56.1 | 345.6 | 265.4                     | 16.7  | -249.9 | 2.2  | 1.3 | 0.3 |
|          | 2003 | 124.8                       | 38.6  | 73.1  | 166.4                       | 36.2 | 171.5 | -41.6                     | 2.4   | -98.4  | 0.8  | 1.1 | 0.4 |
|          | 平均   | 293.8                       | 90.3  | 125.2 | 228.6                       | 53.8 | 277.7 | 65.2                      | 36.6  | -152.5 | 1.3  | 1.7 | 0.5 |
| 南安<br>莲塘 | 1999 | 311.1                       | 93.2  | 222.8 | 314.7                       | 57.5 | 366.8 | -3.6                      | 35.7  | -144.0 | 1.0  | 1.6 | 0.6 |
|          | 2000 | 390.6                       | 76.5  | 211.1 | 305.9                       | 52.1 | 280.4 | 84.7                      | 24.4  | -69.3  | 1.3  | 1.5 | 0.8 |
|          | 2001 | 282.3                       | 60.8  | 261.6 | 318.2                       | 62.9 | 358.5 | -36.0                     | -2.1  | -96.9  | 0.9  | 1.0 | 0.7 |
|          | 2002 | 286.8                       | 54.6  | 76.1  | 303.4                       | 62.3 | 354.0 | -16.6                     | -7.7  | -277.9 | 0.9  | 0.9 | 0.2 |
|          | 2003 | 315.0                       | 67.1  | 84.8  | 338.7                       | 56.1 | 310.4 | -23.7                     | 11.0  | -225.6 | 0.9  | 1.2 | 0.3 |
|          | 平均   | 317.2                       | 70.4  | 171.3 | 316.2                       | 58.2 | 334.0 | 1.0                       | 12.2  | -162.7 | 1.0  | 1.2 | 0.5 |
| 晋江<br>洋埭 | 1999 | 345.3                       | 66.8  | 149.4 | 339.0                       | 59.1 | 242.0 | 6.3                       | 7.7   | -92.6  | 1.0  | 1.1 | 0.6 |
|          | 2000 | 395.7                       | 66.6  | 205.2 | 293.0                       | 60.3 | 331.7 | 102.7                     | 6.3   | -126.5 | 1.4  | 1.1 | 0.6 |
|          | 2001 | 367.5                       | 72.0  | 183.0 | 332.3                       | 57.9 | 352.2 | 35.2                      | 14.1  | -169.2 | 1.1  | 1.2 | 0.5 |
|          | 2002 | 442.4                       | 51.0  | 149.4 | 310.2                       | 62.7 | 545.3 | 132.2                     | -11.7 | -395.9 | 1.4  | 0.8 | 0.3 |
|          | 2003 | 479.7                       | 41.3  | 131.3 | 337.8                       | 64.2 | 425.3 | 141.9                     | -22.9 | -294.0 | 1.4  | 0.6 | 0.3 |
|          | 平均   | 406.1                       | 59.5  | 163.7 | 322.5                       | 60.8 | 379.3 | 83.6                      | -1.3  | -215.6 | 1.3  | 1.0 | 0.4 |
| 晋江<br>上方 | 1999 | 394.1                       | 35.4  | 194.0 | 205.2                       | 38.6 | 242.9 | 188.9                     | -3.2  | -48.9  | 1.9  | 0.9 | 0.8 |
|          | 2000 | 308.3                       | 34.1  | 271.1 | 135.5                       | 28.7 | 166.1 | 172.8                     | 5.4   | 105    | 2.3  | 1.2 | 1.6 |
|          | 2001 | 406.5                       | 37.5  | 96.0  | 169.1                       | 29.0 | 194.3 | 237.4                     | 8.5   | -98.3  | 2.4  | 1.3 | 0.5 |
|          | 2002 | 146.0                       | 62.1  | 411.6 | 138.0                       | 20.1 | 128.9 | 8.0                       | 42.0  | 282.7  | 1.1  | 3.1 | 3.2 |
|          | 2003 | 84.0                        | 13.1  | 24.9  | 175.7                       | 26.9 | 162.8 | -91.7                     | 13.8  | 137.9  | 0.5  | 0.5 | 0.2 |
|          | 平均   | 267.8                       | 36.4  | 199.5 | 164.7                       | 28.7 | 179.0 | 103.1                     | 7.8   | 20.5   | 1.6  | 1.4 | 1.1 |

表5 各监测点2003年较1998年变化

Table 5 The content variation in 2003 compared with that in 1998 at inspect spots

| 地点 | 有机质(g·kg <sup>-1</sup> ) |      | 全氮(g·kg <sup>-1</sup> ) |      | 碱解氮(mg·kg <sup>-1</sup> ) |      | 有效磷(mg·kg <sup>-1</sup> ) |      | 缓效钾(mg·kg <sup>-1</sup> ) |      | 速效钾(mg·kg <sup>-1</sup> ) |      | CEC(cmol·kg <sup>-1</sup> ) |       |
|----|--------------------------|------|-------------------------|------|---------------------------|------|---------------------------|------|---------------------------|------|---------------------------|------|-----------------------------|-------|
|    | 1998                     | 2003 | 1998                    | 2003 | 1998                      | 2003 | 1998                      | 2003 | 1998                      | 2003 | 1998                      | 2003 | 1998                        | 2003  |
| 英山 | 19.8                     | 20.0 | 1.07                    | 1.11 | 127                       | 108  | 10.2                      | 11.7 | 88                        | 81   | 36                        | 24   | 7.68                        | 8.35  |
| 光德 | 17.8                     | 17.8 | 0.95                    | 0.96 | 83                        | 85   | 61.0                      | 76.1 | 100                       | 90   | 40                        | 30   | 5.68                        | 6.51  |
| 莲塘 | 23.2                     | 25.9 | 1.35                    | 1.51 | 127                       | 130  | 28.2                      | 50.2 | 392                       | 385  | 38                        | 32   | 9.33                        | 10.27 |
| 洋埭 | 18.0                     | 18.2 | 0.99                    | 1.02 | 65                        | 75   | 9.0                       | 10.2 | 475                       | 469  | 155                       | 141  | 14.38                       | 14.53 |
| 上方 | 4.15                     | 4.55 | 0.27                    | 0.28 | 50                        | 28   | 20.4                      | 25.7 | 87                        | 82   | 53                        | 38   | 1.82                        | 1.96  |

2.2.2 磷素平衡状况 各监测点的磷素投入量上升明显而不平衡,5 a 内各监测点年平均投入磷 $29.5 \sim 90.3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,总平均为 $57.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,而作物平均支出为 $44.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,盈余 $12.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,平衡系数在 $1.0 \sim 1.7$ 之间。除洋埭点稍有亏损外,其它点均有盈余。磷素盈余在土壤中表现有效磷的积累,土壤有效磷含量比监测前增加 $1.2 \sim 22.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,平均增加了 $9.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,平衡系数与土壤有效磷呈正相关趋势( $r=0.3574$ ) (表4、表5)。光德、莲塘、上方三处原来有效磷丰富,积累后有效磷达到高指标含量状态<sup>[5]</sup> (表5)。而洋埭、英山两处的有效磷上升不明显。当前耕地磷素积累较为普遍,应注意有针对性合理地施用磷肥,不要盲目增施磷肥。

2.2.3 钾素平衡状况 钾素总体亏缺程度较大,虽然钾素投入量有所增加,但土壤普遍缺钾 (表5)。除上方点钾素略有盈余外,其它点均亏损,平均亏缺量为 $108.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,平均平衡系数为 $0.6$ ,说明投入的钾素占作物的吸收量不足 $2/3$  (表4)。由于钾素投入不足,过量地消耗土壤中的钾,致使土壤速效钾含量比监测前有所下降 (表5),据监测结果表明,土壤缓效钾和速效钾含量分别比监测前下降 $5 \sim 10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $6 \sim 15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,平均下降 $7.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $11.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。即使土壤钾素较丰富的洋埭点,土壤速效钾和缓效钾也明显下降,平衡系数与土壤速效钾呈负相关( $r=-0.1285$ )。由于土壤钾素长期处于亏缺状态,将会严重影响农业生产,因此,为避免土壤钾素进一步耗竭,当前对耕地全面平衡补施钾肥极有必要,是一项重要的增产

措施。

### 3 小 结

3.1 在当前常规施肥和管理水平条件下,各个监测点的土壤养分收支平衡情况虽有差异,但总趋势基本相同。氮、磷元素的平均盈余量分别为 $66.4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $12.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,年平均平衡系数在 $1.0 \sim 1.7$ 之间;钾元素年度亏缺较大,平均亏缺量为 $108.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,平衡系数平均为 $0.6$ 。

3.2 本研究结果表明,泉州市耕地土壤中氮、磷盈余量较大;而钾亏缺量较大,成为提高作物产量、品质的限制因素。因此,今后在生产上应注重调整施肥结构,掌握“稳氮、控磷、增钾”和“有机为主,有机无机相结合”的施肥原则,以培肥地力,促进农业生产持续稳定发展。

致谢: 本项目得到赖理清高级农艺师的帮助和指导, 谨此致谢。

### 参考文献:

- [1] 农业部全国土壤肥料总站, 中国土壤学会. 土壤分析技术规范 [M]. 北京: 农业出版社, 1993, 34—56.
- [2] 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, 1999. 308—316.
- [3] 黄绍文, 金继运, 左余宝, 等. 农田土壤养分平衡状况及其评价的试点研究 [J]. 土壤肥料, 2000 (6): 14—19.
- [4] 王蓉芳, 黄德明, 崔勇. 我国不同地区土壤肥力监测报告 (1988—1997) [J]. 土壤肥料, 2000 (6): 8—13.
- [5] 福建省土壤普查办公室. 福建土壤 [M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1991. 240.

(责任编辑: 刘用场)