

# 陕西省典型农区农田生态系统养分平衡研究<sup>\*</sup>

杨学云<sup>1</sup>, 黎青慧<sup>2</sup>, 孙本华<sup>1</sup>, 郝兴顺<sup>3</sup>

(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100; 2 陕西省土壤肥料工作站, 西安 710003;

3 汉中市农业科学研究所, 陕西 汉中 723000)

[摘 要] 研究了陕西省及典型农区农田生态系统中养分平衡的结果表明, 1977 年氮磷处于亏缺状态, 80 年代末达到平衡且略有盈余, 到 1997 年盈余较多, 钾则一直赤字。1997 年  $N$ 、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$  为 1 0 26 0 08, 低于发达国家水平(1 0 42 0 42)。预计到 2007~2012 年全省农田年化肥需求量为: 氮肥( $N$ ) 870 000 t, 磷肥( $P_2O_5$ ) 365 000 t, 钾肥( $K_2O$ ) 174 000 t。适宜的  $N$ 、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$  养分比为 1 0 40~0 42 0 15~0 20。

[关键词] 养分平衡; 农田生态系统; 养分状况评价; 陕西省

[中图分类号] S154.4

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-2782(2001)02-099-06

农业生态系统受人为因素影响很大, 农田养分循环更是如此。农田养分平衡是依赖养分循环实现的, 因此研究农田生态系统中养分平衡, 加强对养分循环的调控在可持续农业中具有极其重要的意义。本研究根据历史统计资料<sup>[1]</sup>, 结合陕西省及典型农业生态区农户的实际调查, 对陕西省不同时期农田养分平衡进行了分析研究, 并对今后肥料需求状况进行了初步估计, 以为陕西省农业持续发展提供理论依据。

## 1 研究方法

### 1.1 调查区自然条件

陕西省位于黄河中游, 在我国中部偏东靠北, 自南向北跨越北亚热带、暖温、中温 3 个气候区及湿润、半湿润、半干旱 3 个水分区, 以北山及秦岭为界分为陕北黄土高原区、关中盆地、陕南秦巴山地 3 个各具明显特征的自然区。

本研究选择延安、扶风、汉中 3 个县(市)分别代表陕西省 3 个典型农业生态区, 其作物类型分别为玉米及旱杂粮一年一熟、小麦(油菜)~玉米一年二熟、水稻~小麦(油菜)一年二熟; 年均温度分别为: 9.0, 13.0~15.0, 14.3; 年降雨量分别为: 400~450, 550~700, 800~1 200 mm; 土壤类型为黄绵土、塋土、黄褐土(黄棕壤); 延安、扶风为黄土母质, 汉中为冲积母质<sup>[2]</sup>。

在调查全省及典型地区 1977, 1987, 1997 年统计资料<sup>[1]</sup>的基础上, 又在每个地区选择有代表性乡村的 24 个农户进行详细调查, 试图全方位多层次了解陕西省农田养分平衡状况和实际存在的问题。

### 1.2 土壤养分基本状况

土壤是农业生产的物质基础, 是养分循环的载体。土壤养分水平与养分循环及平衡密不可分。调查区农田耕层(0~20 cm)土壤养分见表 1。由表 1 可见, 3 个县(市)土壤养分差异非常明显。

表 1 调查区土壤养分状况

Table 1 Soil nutrients of investigated areas

| 地区<br>Area     | 有机质<br>Organic M     | 全氮<br>Total N | 全磷<br>Total P | 全钾<br>Total K | 碱解氮<br>Available N    | 速效磷<br>Available P | 速效钾<br>Available K | 酸碱度<br>pH (H <sub>2</sub> O) |
|----------------|----------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|--------------------|--------------------|------------------------------|
|                | g · kg <sup>-1</sup> |               |               |               | mg · kg <sup>-1</sup> |                    |                    |                              |
| 延安<br>Yan'an   | 7.10                 | 0.61          | 0.62          | 23.00         | 43.00                 | 4.70               | 118.00             | 8.50                         |
| 扶风<br>Fufeng   | 11.40                | 0.80          | 0.79          | 23.00         | 57.00                 | 8.80               | 179.00             | 8.20                         |
| 汉中<br>Hanzhong | 17.50                | 1.38          | 1.42          | 22.40         | 96.00                 | 9.80               | 106.90             | 6.50                         |

[收稿日期] 2000-05-17

[基金项目] 中国科学院南京土壤研究所与 IP I 合作项目(5006006)。

[作者简介] 杨学云(1967-), 男, 宁夏青铜峡人, 助理研究员, 博士研究生, 主要从事肥力与肥料效益长期监测研究。

### 1.3 养分平衡参数的计算方法

农田养分循环基本参数是农田养分循环的重要特征,其选择的可靠性直接影响着结果的真实性和可靠性。本研究是在实际调查的基础上选择参数,确定收集利用系数<sup>[3~8]</sup>。

化肥按施用的纯养分计算,复合肥根据调查按  $N \quad P_2O_5 \quad K_2O = 2 \quad 3 \quad 1$  计算,再分别加入到单质氮、磷、钾肥料中。化肥氮损失按 40% 计。

有机肥投入主要计算人粪尿、猪粪尿、大牲畜粪尿、羊及鸡粪尿。根据调查结果确定收集利用率,人粪尿按总人口的 50% 计算,收集利用率平均 50%,其他动物按年末存栏数,收集利用率以 50% 计算(羊 20%)。

灌溉水养分投入仅计算了 1997 年的结果,按实际测定值, $NO_3^-$ 、N、P、K 分别为延安: 0.83, 0.06,

2.39 mg/L; 扶风: 5.42, 0.04, 1.97 mg/L; 汉中: 1.96, 0.05, 3.70 mg/L。

作物养分携出按百公斤籽粒的养分携出量计算。白菜暂按甘蓝处理。作物秸秆直接还田很少,未计入。对豆科作物共生固氮,在养分携出中予以扣除,不反映在收入项中。非共生固氮和雨水带入养分,由于缺少足够资料,亦不予计算。

## 2 结果与讨论

### 2.1 全省养分平衡情况

表 2 为 1977, 1987, 1997 年根据统计资料<sup>[2]</sup>计算的陕西省农田养分平衡状况。从表 2 看出,陕西省 70~90 年代,氮、磷养分平衡经历完全不同的 3 个阶段。

表 2 陕西省农田养分平衡状况

| Table 2 Nutrients balance of Shaanxi province |                         |        |        |        |       |      |        |       |       | kt/年   |
|-----------------------------------------------|-------------------------|--------|--------|--------|-------|------|--------|-------|-------|--------|
|                                               | 项 目<br>Item             | 1977   |        |        | 1987  |      |        | 1997  |       |        |
|                                               |                         | N      | P      | K      | N     | P    | K      | N     | P     | K      |
| 收入<br>Input                                   | 化肥<br>Chemical fert     | 127.6  | 6.1    | 5.2    | 345.0 | 33.3 | 12.3   | 703.2 | 79.6  | 47.8   |
|                                               | 有机肥<br>Organic manure   | 107.6  | 16.9   | 58.8   | 117.9 | 17.8 | 61.7   | 148.2 | 23.1  | 80.3   |
|                                               | 种子携入<br>From seeds      | 5.6    | 0.9    | 1.5    | 5.9   | 1.0  | 1.6    | 5.8   | 0.9   | 1.6    |
|                                               | 灌溉携入<br>From irrigation | -      | -      | -      | -     | -    | -      | 18.4  | 0.3   | 19.3   |
|                                               | 合计 Sum up               | 240.8  | 23.9   | 65.5   | 468.8 | 52.1 | 75.6   | 875.6 | 103.9 | 149.0  |
| 支出<br>Output                                  | 粮食作物<br>Crop Consumed   | 189.5  | 35.1   | 146.3  | 236.8 | 45.1 | 179.6  | 247.1 | 48.4  | 184.6  |
|                                               | 油料等作物<br>Oil crop       | 16.0   | 2.5    | 9.8    | 25.6  | 3.5  | 15.0   | 24.5  | 3.4   | 14.7   |
|                                               | 化肥氮损失<br>Fert losses    | 51.04  | -      | -      | 138.0 | -    | -      | 281.3 | -     | -      |
|                                               | 合计 Sum up               | 256.5  | 37.6   | 156.1  | 400.4 | 48.6 | 194.6  | 552.9 | 51.8  | 199.2  |
| 平衡率/%<br>Rate of balance                      |                         | - 6.1  | - 36.4 | - 58.0 | 17.1  | 7.2  | - 61.2 | 58.4  | 100.6 | - 25.2 |
| 盈亏量/(kg · hm <sup>-2</sup> )<br>Balance       |                         | - 4.07 | - 3.56 | - 23.5 | 19.2  | 0.91 | - 30.9 | 90.6  | 14.6  | - 14.1 |

70 年代(末)全面赤字,80 年代末维持平衡且稍有盈余,90 年代末则有了较大幅度的盈余。计算 3 个年份有机肥携入养分占总肥料投入携入养分百分比,1977, 1987, 1997 年依次为 N: 45.7, 25.5, 17.4; P: 73.5, 34.8, 22.5; K: 91.9, 83.4, 62.7(见表 3),说明 70 年代末养分循环的主体是有机肥,仅氮就占了总投入的近一半,大于 70% 以上的磷钾靠有机肥补给。80 年代末则主要依靠化肥投入,尽管有机肥投入也有增加,但所占比重已大幅度下降。90 年代末氮磷源自有机肥的份额已不足 1/4,钾则仍然依靠有机肥进行循环,到 1997 年还有 60% 以上。3 个

时期(年份)肥料投入均成倍增长,标志着陕西省农业 30 年来发展的巨大变化。单位化肥投入的粮食增产量降幅较大,与 1997 年比较,每增投 1 公斤化肥(NPK 总量),1987 年粮食增产 8.4 kg,1997 年为 3.9 kg,但 1997 年全省农耕地平均 N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  用量分别为 211.5, 54.9, 17.3 kg/hm<sup>2</sup>, N  $P_2O_5$   $K_2O$  为 1.026 0.082(见表 4、表 5),氮肥用量仅相当于发达国家禾谷类作物一料的用量,氮磷比大大低于发达国家水平<sup>[11]</sup>。由此可见,陕西省肥料使用仍有很大潜力,同时亦说明在肥料利用上还存在一定问题。

表 3 1997 年有机肥携入养分量占肥料投入携入养分量的比率

| Table 3 The ratios of NPK from organic manure to that from O. M & chemical fertilizers |       |       |       |      |      |       |      |      | %     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|------|-------|
| 地区<br>A rea                                                                            | 1977  |       |       | 1987 |      |       | 1997 |      |       |
|                                                                                        | N     | P     | K     | N    | P    | K     | N    | P    | K     |
| 陕西省 Shaanxi                                                                            | 45.7  | 73.5  | 91.9  | 25.5 | 34.8 | 83.4  | 17.4 | 22.5 | 62.7  |
| 延安 Yan'an                                                                              | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 60.7 | 56.8 | 100.0 | 30.0 | 37.4 | 100.0 |
| 扶风 Fufeng                                                                              | 41.1  | ?     | 99.1  | 14.6 | 16.0 | 90.4  | 6.01 | 5.0  | 38.5  |
| 汉中 Hanzhong                                                                            | 51.5  | 52.9  | 87.6  | 21.5 | 30.1 | 82.7  | 14.1 | 21.9 | 64.4  |

注: 表中数据根据县(区)统计局、农业局及畜牧局的统计资料及农户实地调查计算, 以下各表同。  
Note: Data calculated in the table based on statistics of local government and farmer investigation, the following tables are the same

表 4 陕西省及典型调查地区单位面积化肥用量

| Table 4 Amount of fertilizers used in unit area of agriculture land |      |                               |                  |       |                               |                  |       |                               | kg/hm <sup>2</sup> |
|---------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------|------------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|-------------------------------|--------------------|
| 地区<br>A rea                                                         | 1977 |                               |                  | 1987  |                               |                  | 1997  |                               |                    |
|                                                                     | N    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | N     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | N     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O   |
| 陕西省 Shaanxi                                                         | 33.1 | 3.63                          | 1.6              | 96.8  | 21.5                          | 4.2              | 211.5 | 54.9                          | 17.3               |
| 延安 Yan'an                                                           | -    | -                             | -                | 22.9  | 8.8                           | -                | 127.4 | 32.10                         |                    |
| 扶风 Fufeng                                                           | 37.5 | -                             | 0.2              | 161.8 | 50.4                          | 1.9              | 409.1 | 180.6                         | 24.1               |
| 汉中 Hanzhong                                                         | 55.9 | 19.0                          | 5.0              | 243.0 | 55.8                          | 8.0              | 478.7 | 108.0                         | 26.0               |

表 5 陕西省及典型调查区施用化肥养分比例(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O)

| Table 5 Ratios of nutrients for fertilizers used in Shaanxi |                      |   |    |      |     |   |      |    |   |              |   |   |    |   |     |   |   |     |   |     |
|-------------------------------------------------------------|----------------------|---|----|------|-----|---|------|----|---|--------------|---|---|----|---|-----|---|---|-----|---|-----|
| 地区<br>A rea                                                 | 统计资料 Statistics data |   |    |      |     |   |      |    |   | 农户<br>Farmer |   |   |    |   |     |   |   |     |   |     |
|                                                             | 1977                 |   |    | 1987 |     |   | 1997 |    |   |              |   |   |    |   |     |   |   |     |   |     |
| 陕西省 Shaanxi                                                 | 1                    | 0 | 11 | 0    | 05  | 1 | 0    | 22 | 0 | 04           | 1 | 0 | 26 | 0 | 08  | - | - | -   |   |     |
| 延安 Yan'an                                                   | -                    | - | -  |      |     | 1 | 0    | 38 | - |              | 1 | 0 | 25 | - |     | 1 | 0 | 29  | 0 |     |
| 扶风 Fufeng                                                   | 1                    | - |    | 0    | 004 | 1 | 0    | 31 | 0 | 01           | 1 | 0 | 44 | 0 | 06  | 1 | 0 | 468 | 0 |     |
| 汉中 Hanzhong                                                 | 1                    | 0 | 34 | 0    | 089 | 1 | 0    | 23 | 0 | 03           | 1 | 0 | 23 | 0 | 054 | 1 | 0 | 38  | 0 | 075 |

2.2 典型县(区)农田养分平衡状况

表 6 列出了根据县(区)统计资料计算的 1977, 1987, 1997 年 3 个年份的养分平衡结果, 总趋势与全省大体相近但又各不相同。延安 1997 年氮、磷养分盈余较大, 3 个年份钾亏缺均小于 45%; 扶风和全省规律较接近, 1997 年磷盈余很大, 钾的亏缺都在 55% 以上; 汉中地区在 80 年代末 N、P、K 均亏缺, 1997 年 N、P 盈余也不多。由表 3~5 可见, 扶风氮磷养分不管是比率还是单位面积农田施用量都达到了相当高的水平, 尽管全省这两个指标偏低。有机肥

携入的 N、P、K 在延安占了很大比重, 1997 年仍在 30% 以上, 因为此区畜牧业较发展, 在土壤肥力较低, 保水、保肥力也很低的条件下, 较多的有机肥使用是极其有利的。汉中和扶风有机肥料携入养分量在研究的 30 年中所占比重下降非常大, 尤其扶风 1987 年 N、P 只略大于 10%, 1997 年仅 5% 左右。当然随化肥用量的急剧增长, 导致这种下降是必然的, 但一个不容置疑的事实是人们越来越不重视有机肥积制, 这对农业持续稳定的发展将带来一些不利影响。

表 6 典型调查区农田养分平衡状况

| Table 6 Nutrients balance of investigated county of Shaanxi province |                                       |       |       |       |       |       |       |       |       | t/年   |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 地区<br>A rea                                                          | 项 目<br>Item                           | 1977  |       |       | 1987  |       |       | 1997  |       |       |
|                                                                      |                                       | N     | P     | K     | N     | P     | K     | N     | P     | K     |
| 延安<br>Yan'an                                                         | 平衡率/%<br>Rates of balance             | 14.5  | -18.8 | -44.1 | 20.5  | 38.0  | -42.8 | 96.3  | 208.6 | -17.4 |
|                                                                      | 盈亏量/(kg·hm <sup>-2</sup> )<br>Balance | 3.77  | -0.96 | -11.7 | 10.2  | 2.5   | -14.1 | 90.5  | 15.3  | -6.73 |
| 扶风<br>Fufeng                                                         | 平衡率/%<br>Rates of balance             | -19.1 | -64.2 | -68.5 | 1.71  | 13.8  | -81.1 | 54.0  | 229.1 | -57.4 |
|                                                                      | 盈亏量/(kg·hm <sup>-2</sup> )<br>Balance | -15.5 | -7.9  | -32.4 | 3.2   | 3.2   | -72.3 | 160.5 | 58.1  | -54.5 |
| 汉中<br>Hanzhong                                                       | 平衡率/%<br>Rates of balance             | -23.9 | -30.3 | -69.2 | -3.6  | -19.9 | -78.9 | 41.8  | 45.2  | -41.6 |
|                                                                      | 盈亏量/(kg·hm <sup>-2</sup> )<br>Balance | -37.4 | -7.9  | -76.6 | -11.7 | -8.8  | -146  | 171.7 | 19.2  | -73.5 |

### 2 3 农户农田养分平衡状况

农户作为最基本的农业生产单元,其肥料管理状况直接影响着肥料去向和产出,对农户进行调查能得到一些非常重要的信息。1997 年 3 个典型区农户农田养分平衡状况见表 7。比较表 7 和表 6 中 1997 年结果可以看出,除汉中外,扶风、延安两地农户钾亏缺均比全区(县)严重,汉中地区钾肥增产比较显著,扶风、延安土壤钾含量较高,局部地区大田

作物及一些经济作物增产或增质不可能为多数农户接受,一般极少或根本不施钾肥,这在陕西省是很普遍的。扶风农户与全县结果非常接近。需要特别说明的是,汉中农户 N 盈余比全县少, P 则稍大些,这是由于当地群众喜欢用磷酸二铵所致。从表 5 可见,全县 1997 年 N  $P_2O_5$   $K_2O$  为 1 0 23 0 054,农户为 1 0 38 0 075,说明全县磷素分配不平衡。

表 7 农户农田养分平衡状况(均值)

|                       |                         | Table 7 Nutrients balance of fam land in different counties |      |        |           |       |        | kg/(hm <sup>2</sup> ·年) |      |        |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------|------|--------|-----------|-------|--------|-------------------------|------|--------|
| 项目<br>Item            |                         | 延安 Yan'an                                                   |      |        | 扶风 Fufeng |       |        | 汉中 Hanzhong             |      |        |
|                       |                         | N                                                           | P    | K      | N         | P     | K      | N                       | P    | K      |
| 收入<br>Input           | 化肥<br>Chemical fert     | 136.7                                                       | 17.7 | 0      | 356.6     | 72.8  | 0      | 358.2                   | 59.5 | 22.3   |
|                       | 有机肥<br>Organic manure   | 17.6                                                        | 2.5  | 6.6    | 30.3      | 4.4   | 9.6    | 44.1                    | 6.4  | 15.4   |
|                       | 种子携入<br>From seeds      | 2.2                                                         | 0.2  | 0.7    | 1.9       | 0.4   | 0.6    | 3.5                     | 0.6  | 0.7    |
|                       | 灌溉携入<br>From irrigation | 1.8                                                         | 0.1  | 6.3    | 20.4      | 0.1   | 0.5    | 22.1                    | 0.5  | 41.7   |
|                       | 合计 Sum up               | 158.3                                                       | 20.5 | 13.6   | 409.1     | 77.7  | 10.7   | 427.9                   | 67.0 | 80.1   |
| 支出<br>Output          | 作物携出<br>Crop consumed   | 75.2                                                        | 13.1 | 68.7   | 114.5     | 22.0  | 85.9   | 235.8                   | 44.5 | 189.0  |
|                       | 化肥氮损失<br>Fert losses    | 54.6                                                        | -    | -      | 142.6     | -     | -      | 143.3                   | -    | -      |
|                       | 合计 Sum up               | 129.8                                                       | 13.1 | 68.7   | 257.1     | 22.0  | 85.9   | 379.1                   | 44.5 | 189.0  |
| 平衡率/% Rate of balance |                         | 22.0                                                        | 56.5 | - 80.2 | 59.1      | 253.2 | - 87.5 | 12.9                    | 50.6 | - 57.6 |

### 2 4 农田养分状况评价

用鲁如坤<sup>[9]</sup>等方法计算了陕西省关中地区养分允许盈亏率见表 8。从表 8 可以看出,延安不论全区还是农户养分平衡都是合理的。但农户 N、P、K 盈余均明显低于资料计算结果。调查中发现,在该地区实际种地面积远大于承包地面积,农民在山坡上开垦荒地的现象很普遍,很多坡度均在 25°以上,本该是林草地的耕地,通常也需施一些肥料,考虑到经济原因,实际上等于减少了良田中的肥料投入。这一点在今后的农业生产中应予以足够重视。扶风全县

和农户养分平衡接近, N 盈余及 K 的亏缺都在允许范围,仅磷肥用量过多,也反映在氮磷比上(表 5)。农民习惯于“一黑一白”的施肥方式,即:碳酸氢铵、高效磷肥( $P_2O_5$  18%)各一袋。磷肥一般施在小麦上,玉米不施,方法值得提倡,但要考虑减少磷用量。目前,没有长期定位试验的资料评价陕西南部养分盈亏,但有足够的试验证实该区施钾有非常显著的效果<sup>[1,10]</sup>。1997 年耕地钾肥用量仅为 26 kg/hm<sup>2</sup>(表 4)。

表 8 延安、扶风县农田养分允许盈亏率

| Table 8 Acceptable ratios of gain and loss of nutrients in fam land in Fufeng and Yan'an counties |                                        |           |         | %       |         |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------|---------|---------|---------|---|
| 项 目                                                                                               |                                        | N         |         | P       |         | K |
| 延安 <sup>[9]</sup> Yan'an                                                                          | 实际盈亏率/% Actual ratios                  | 全县 County | + 96.3  | + 208.6 | - 17.4  |   |
|                                                                                                   |                                        |           | + 22.0  |         |         |   |
|                                                                                                   | 允许盈亏率/% Rational ratios <sup>[8]</sup> |           | + 132.0 | + 250.0 | - 100.0 |   |
| 扶风 Fufeng                                                                                         | 实际盈亏率/% Actual ratios                  | 全县 County | 61.4    | 229.1   | - 57.4  |   |
|                                                                                                   |                                        |           | 67.8    | 253.2   | - 87.5  |   |
|                                                                                                   | 允许盈亏率/% Rational ratios*               |           | 98.6    | 160.0   | - 100.0 |   |

注: \* 示根据“国家黄土肥力与肥料效益监测基地”(杨陵)长期定位试验资料计算(未发表)。

Note: Data for Fufeng based on the unpublished results of “National Loess Soil Fertility and Fertilizers Efficiency Monitoring Base” (Yangling).

## 2.5 陕西省未来10年肥料用量估计

对肥料用量进行准确预测, 事实上是非常困难的, 要涉及农业持续发展的需要、政策因素、环境承受力、历史上的施肥情况、粮食及其他物价因素、农民受教育的程度、农业科研水平和推广应用力度等多种复杂因素。在此, 本研究仅就以上探讨及其他研究结果, 对以后陕西省农田肥料用量尤其是氮磷需求量进行概算。

朱兆良<sup>[12]</sup>建议, 无论水稻、小麦或玉米, 每季作物控制氮肥适宜施用量的基本依据为  $N$  150~180 kg/hm<sup>2</sup>, 施  $N$  达到 250~270 kg/hm<sup>2</sup> 时产量不再明显增加。作者近两年的试验也有类似结果(未发表资料), 施  $N$  量 210~270 kg/hm<sup>2</sup> 时产量不再增加。依前面分析, 扶风县施  $N$  量 409.1 kg/(hm<sup>2</sup>·年)(两季)时仍为合理。调查显示, 有些灌溉水硝态氮含量达到 9.3 mg/L。吕殿青<sup>[13]</sup>报道, 关中地区硝态氮含量大于 11 mg/L 的达 29.7%、陕北地区占调查的 21.5%。因此, 将两料作物施  $N$  量 375 kg/hm<sup>2</sup>, 单季 195 kg/hm<sup>2</sup> 作为陕西省控制用氮量是适宜的。鉴于全国化肥总需求建议的  $N$   $P_2O_5$   $K_2O$  为 1.040~1.045:0.25<sup>[11]</sup>, 陕西省为 1.026:0.08, 部分地区氮磷比 1.044 时磷已超量, 所以陕西省  $N$   $P_2O_5$   $K_2O$  定为 1.042:0.20 是切实可行的。据此, 按 137% 复种指数(1986~1997 年平均)计算, 未来 10 年(或 15 年)农耕地需  $N$  量为 87.0 万 t, 需  $P_2O_5$  量 36.5 万 t, 需  $K_2O$  量

17.4 万 t。尽管吨粮田、经济作物面积会有较大增长, 另一方面随养殖业(畜牧业)及秸秆利用的发展, 由于技术进步肥料利用率也将有较大提高, 加之耕地面积的减少、人们环境保护意识的增强等, 陕西省肥料用量大幅度提高或说  $N$  用量到 100 万 t<sup>[14]</sup> 的可能性存在, 但不大。钾肥由于大部分地区含量较高, 未来有机肥和秸秆仍将作为钾素的主要来源。

## 3 问题及建议

陕西省农田养分循环与平衡存在的问题及建议:

1)  $N$   $P_2O_5$   $K_2O$  比例不协调, 现在仅为 1.026:0.08, 今后因在合理增加氮肥投入的基础上, 加大磷钾投入, 以 1.040~1.045:0.15~0.20 为宜,  $N$   $P_2O_5$  不宜超过 1.050。

2) 就地焚烧秸秆的现象非常普遍, 很多烧于渠道、道路边, 存在着严重的安全隐患和环境污染, 影响了公路交通和航空及城乡居民生活(有关媒体及政府部门已给予极大关注), 同时也浪费了大量宝贵肥源。建议加强秸秆再利用研究和管理, 建立有关法规, 鼓励有机肥集制, 制止焚烧秸秆。

3) 加强农田养分循环调控, 提高农民科学种田意识, 防止因肥料不合理利用带来的环境问题。调查测定有的饮用水硝态氮含量超过 50 mg/L 以上, 虽不普遍, 也应该引起高度重视。

## [参考文献]

- [1] 陕西省统计局. 陕西统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 1986; 1988; 1998
- [2] 郭兆元. 陕西土壤[M]. 北京: 科学出版社, 1992
- [3] 中国农业科学院土壤肥料研究所. 中国肥料概论[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1962
- [4] 北京农业大学. 肥料手册[M]. 北京: 农业出版社, 1979
- [5] 北京农业大学译. 农业化学讲义(上)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1959
- [6] 鲁如坤, 刘鸿翔, 闻大中, 等. 我国典型地区农业生态系统养分循环和平衡研究 I 农田养分支出参数[J]. 土壤通报, 1996, 27(4): 145-151
- [7] 鲁如坤, 刘鸿翔, 闻大中, 等. 我国典型地区农业生态系统养分循环和平衡研究 II 农田养分支出参数[J]. 土壤通报, 1996, 27(4): 151-154
- [8] 北京市农林局. 农业常用数字手册[M]. 北京: 北京人民出版社, 1974
- [9] 鲁如坤, 刘鸿翔, 闻大中, 等. 我国典型地区农业生态系统养分循环和平衡研究 III 农田养分平衡的评价方法和原则[J]. 土壤通报, 1996, 27(5): 197-199
- [10] 徐福利, 梁东丽, 李小平. 陕西省粮食再上新台阶与钾肥施用[A]. 见: 陕西省科学技术协会编. 民以食为天[C]. 西安: 世界图书出版公司, 1997. 264-270
- [11] 谢建昌. 世界肥料使用的现状与前景[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(4): 321-330
- [12] 李庆远, 朱兆良, 于天仁. 中国农业持续发展中的肥料问题[M]. 南昌: 江西科学技术出版社, 1997. 38-51
- [13] 吕殿青, 同延安, 孙本华. 氮肥施用对环境污染影响的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(1): 8-15

[14] 史进元, 郭占富, 邹美娥 陕西省施肥现状及展望[J]. 西北农业学报, 1995, 4(增刊): 158- 163

## Study on nutrients balance of fam ing eco system in typical areas of Shaanxi Province

YANG Xue-yun<sup>1</sup>, L I Qíng-huǐ<sup>2</sup>, SUN Ben-hua<sup>1</sup>, HAO Xíng-shun<sup>3</sup>

(1 College of Resources and Environment, Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Extension Station of Soil and Fertilizers of Shaanxi Province, Xi'an, Shaanxi 710003, China;

3 Agricultural Science Institute of Hanzhong, Hanzhong, Shaanxi 723000, China)

**Abstract:** The survey on fam land nutrients balance has been done in Shaanxi province. The results indicate that N、P was deficit in 1977, it was balanced and had a slight surplus by the end of 1980's, and more surplus in 1997. K was in deficit all along. The ratio of N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O is 1 : 0.26 : 0.08 in 1997, This is far less than that in the developed countries which is 1 : 0.42 : 0.42. It is estimated that in 2007~2012, the annual fertilizers requirement of fam land in Shaanxi would be N 870 000 t, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 365 000 t and K<sub>2</sub>O 174 000 t. The proper ratio of N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O will be 1 : 0.40~0.42 : 0.15~0.20.

**Key words:** nutrients balance; fam land ecosystem; nutrients analysis; Shaanxi province