

小麦—玉米两熟轮作肥料定位试验研究

刘纯敏 张桂兰 张子武 宝德俊

(河南省农科院土壤肥料研究所, 郑州 450002)

摘 要 经 7 年小麦—玉米一年两熟轮作肥料定位试验, 得到了潮土长期施肥情况下的肥料利用率和作物养分需要量; 在有机肥的基础上无机氮磷配合使用, 无论是对作物的稳产、高产和经济效益, 还是对土壤肥力的培养提高, 其效果都优于其它方法; 氮磷化肥每年每公顷最佳施量分别为 240kg (16kg/666.7m²) 和 60kg (4kg/666.7m²)

关键词 小麦 玉米 肥料定位试验 肥料利用率

河南省常年麦播面积 480 万 hm² 以上, 麦后玉米种植 200 万 hm² 左右。小麦—玉米一年两熟是河南省主要的耕作种植方式之一。但长期以来, 对这一轮作方式的施肥研究, 都侧重于单季作物, 至于整个周期的定位研究则很少见。为了解长期施肥后土壤养分和作物产量的动态规律, 自 1981 年始, 我们开展了有机肥与化肥配合施用的定位试验研究。现将结果报道如下。

1 材料和方法

试验点设在长葛县孟排村科研站, 试验地土壤为潮土, 其理化性状见表 1; 设 9 个处理 (见表 2), 3 次重复, 小区面积 13.3m² (0.02 亩); 轮作方式为小麦—玉米一年两熟, 品种为当地良种; 7 年用肥均为腐熟猪圈粪、尿素、过磷酸钙和氯化钾; 农肥、磷肥和钾肥麦播前作基肥一次施入; 氮肥是小麦底施 2/3, 返青期追 1/3; 玉米是拔节期和抽雄前 10d 左右各追施 1/2。

表 1 供试土壤的基本性状

| 取样层次 (cm) | 有机质 (%) | 全氮 (%) | 全磷 (%) | 全钾 (%) | 速效氮 (mg · kg ⁻¹) | 速效磷 (mg · kg ⁻¹) | 速效钾 (mg · kg ⁻¹) |
|--------------|------------|-----------|-----------|-----------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 0~20 | 1.01 | 0.069 | 0.143 | 2.09 | 67 | 6.8 | 110 |

注: 磷、钾分别指 P₂O₅ 和 K₂O, 下同。

表 2 处理施肥量 (kg/亩)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----|----|---|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---|
| 小麦 | ck | M | MN ₄ | MN ₈ | MP ₈ | MN ₄ P ₄ | MN ₈ P ₄ | MN ₈ P ₈ | MN ₈ P ₈ K ₈ |
| 玉米 | — | — | N ₄ | N ₈ | — | N ₄ | N ₈ | N ₈ | N ₈ |

注: M 表示有机肥, 用量为 2000kg/亩。

2 结果与分析

2.1 连续不同施肥处理对作物产量的影响

2.1.1 不同施肥的产量效应及稳产性 由表3可见,长期施用有机肥与长期不施肥相比,有明显的增产作用。施有机肥第一年一季小麦增产20%,加上秋季玉米全年增产50%。随着时间的推移,增产效果逐年增大,到第六、第七年增产达75%~92%。尽管不同年份由于气候条件的差异,增幅有波动,但总的趋势不变,7年平均为69%,平均每年增产150kg/亩。

表3结果还表明,无机化肥配施增产效应更为突出。同是在农肥施用的条件下,氮磷化肥单施的3、4、5处理,7年的平均增产幅度只有49%、65%和20%,比其配合施用的6、7、8处理,依次低44%、64%和119%,且受气候等影响,年际间波动很大,尤其是磷肥单施的处理5,增产幅度年际间相差50%以上。从不同处理的作物稳产性发现,当无机氮、磷全年用量之比为2:1时,7年的产量变异最小,如6、8、9三个处理,变异都在13%以下,不施肥和磷肥单施的两个处理变异都高于20%以上,稳产性最差;氮素化肥单施或高氮低磷配施的,其变异系数与有机肥单施的介于前两种情况中间,均为15%左右。

表3 7年(14季)定位试验年产量(kg/亩)及增产效应

| 处理号 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 平均 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 1 | 292 | 168 | 273 | 228 | 258 | 207 | 152 | 225 |
| 2 | 437 | 287 | 467 | 385 | 403 | 362 | 292 | 376 |
| 3 | 678 | 425 | 655 | 520 | 557 | 567 | 502 | 558 |
| 4 | 734 | 468 | 720 | 645 | 589 | 627 | 542 | 618 |
| 5 | 685 | 317 | 478 | 455 | 420 | 472 | 343 | 453 |
| 6 | 790 | 510 | 720 | 700 | 700 | 760 | 800 | 711 |
| 7 | 930 | 630 | 900 | 660 | 860 | 950 | 970 | 843 |
| 8 | 940 | 640 | 900 | 830 | 880 | 940 | 1020 | 879 |
| 9 | 920 | 640 | 910 | 820 | 880 | 930 | 1010 | 873 |
| 增 产 效 应 (%) | | | | | | | | |
| 1 | -50 | -71 | -71 | -69 | -56 | -75 | -92 | -67 |
| 比 | 3 | 55 | 48 | 40 | 35 | 38 | 57 | 48 |
| 处 | 4 | 68 | 63 | 54 | 68 | 46 | 73 | 65 |
| 理 | 5 | 57 | 10 | 2 | 18 | 4 | 30 | 20 |
| 2 | 6 | 81 | 78 | 54 | 82 | 74 | 110 | 93 |
| 增 | 7 | 113 | 120 | 93 | 71 | 113 | 162 | 129 |
| 产 | 8 | 115 | 123 | 93 | 116 | 118 | 160 | 139 |
| | 9 | 111 | 123 | 95 | 113 | 118 | 157 | 138 |

注: * 以处理1的产量为基数

2.1.2 地力贡献及其演变 地力贡献是土壤肥力对作物产量的综合反映,以无肥区产量占施肥区最高产量的百分率表示。1981年土壤对小麦的地力贡献仅为45%,全年两季为31%,这表明供试土壤的肥力属于中低产土壤。从地力贡献的持续演变情况看,连续几年不施肥,土壤

仍能获得较稳定的收成,说明地力贡献具有一定的稳定性。

2.2 不同施肥处理对土壤肥力的影响

2.2.1 土壤养分平衡状况 连续7年不同施肥处理的土壤养分平衡状况,由表4可知,除不施肥的处理氮、磷、钾3种主要养分亏缺外,其它都有不同程度的盈余。盈余量就氮素而言,高量投入的要比低量投入的高,其中以处理4最高,每亩达77kg;磷钾与氮素的趋势大体一致,只是因施入量少,积累的数量较低。

2.2.2 土壤肥力的增长 (1)土壤全量养分的含量 表5表明,土壤的潜在肥力有机质和全氮,在有肥施入后,都不同程度地得到增加。有机肥单施的处理2,土壤有机质在7年中由1.01%增加到1.21%,增长了19.8%,土壤全氮由0.069%增加到0.077%,增长了11.6%;化

表4 不同施肥处理的养分平衡 (kg/亩)

| 处 理 | 作物总吸收量 | | | 总施肥量 | | | 养份平衡 | | |
|-----|--------|-------------------------------|------------------|------|-------------------------------|------------------|-------|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| 1 | 29.0 | 10.8 | 28.5 | 0 | 0 | 0 | -29.0 | -10.8 | -28.5 |
| 2 | 43.6 | 17.3 | 47.1 | 61 | 28.4 | 215 | 17.4 | 11.1 | 167.9 |
| 3 | 76.3 | 19.2 | 68.2 | 117 | 28.4 | 215 | 40.8 | 9.3 | 146.8 |
| 4 | 95.9 | 20.9 | 74.8 | 173 | 28.4 | 215 | 77.1 | 7.5 | 140.2 |
| 5 | 50.2 | 27.3 | 57.6 | 65 | 84.4 | 215 | 14.8 | 57.1 | 157.4 |
| 6 | 85.0 | 34.3 | 88.2 | 117 | 56.4 | 215 | 32.0 | 22.1 | 126.9 |
| 7 | 114.8 | 44.3 | 102.3 | 173 | 56.4 | 215 | 58.2 | 12.1 | 112.8 |
| 8 | 126.2 | 53.0 | 108.5 | 173 | 84.4 | 215 | 46.8 | 31.5 | 106.5 |
| 9 | 123.1 | 50.2 | 114.7 | 173 | 84.4 | 271 | 49.9 | 34.2 | 156.3 |

表5 7年后各处理的土壤全量养分变化

| 处 理 | 全量养分含量(%) | | | | 增 长 数 (%) | | |
|------|-----------|-------|-------------------------------|------------------|-----------|------|-------------------------------|
| | 有机质 | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | 有机质 | N | P ₂ O ₅ |
| 本底基础 | 1.01 | 0.069 | 0.143 | 2.09 | | | |
| 1 | 1.03 | 0.068 | 0.107 | 2.08 | 2.0 | -1.4 | -25.2 |
| 2 | 1.21 | 0.077 | 0.108 | 2.11 | 19.8 | 11.6 | -24.6 |
| 3 | 1.32 | 0.090 | 0.112 | 2.15 | 30.7 | 30.4 | -21.6 |
| 4 | 1.31 | 0.080 | 0.110 | 2.10 | 29.7 | 15.9 | -23.0 |
| 5 | 1.28 | 0.083 | 0.117 | 2.04 | 26.7 | 20.3 | -18.2 |
| 6 | 1.33 | 0.085 | 0.114 | 2.06 | 31.2 | 23.2 | -20.3 |
| 7 | 1.36 | 0.085 | 0.118 | 2.15 | 34.7 | 23.2 | -17.5 |
| 8 | 1.36 | 0.088 | 0.127 | 2.06 | 34.7 | 27.5 | -11.2 |
| 9 | 1.36 | 0.088 | 0.128 | 2.14 | 34.7 | 27.5 | -10.5 |

肥与有机肥同时施用的 7 个处理,7 年土壤有机质平均增长了 31.8%,土壤全氮增长 24.0%;土壤全钾含量各处理间变化甚小,这可能与土壤本身含钾较高有关。值得注意的是,7 年后土壤全磷含量均呈下降之势,但以前 4 个处理下降幅度最大,都在 20%以下。由此可知,在长年大量施用有机肥的基础上,氮磷配合不仅可以阻碍土壤含磷量下降的强度,而且可以提高土壤有机质和全氮的含量。

(2)土壤的速效养分含量 从表 6 可知,除速效钾外,长期施肥对其它两速效养分影响很

表 6 7 年后土壤的速效养分变化 (mg·kg⁻¹, %)

| 处 理 | 水 解 氮 | | 速效 P ₂ O ₅ | | 速效 K ₂ O | |
|------|-------|------|----------------------------------|-----|---------------------|------|
| | 含量 | 增加 | 含量 | 增加 | 含量 | 增加 |
| 本底基础 | 67.0 | | 6.8 | | 110 | 变化不大 |
| 1 | 62.0 | -8.1 | 5.0 | -26 | 107 | 变化不大 |
| 2 | 76.8 | 14.6 | 4.5 | -33 | 110 | 变化不大 |
| 3 | 83.3 | 24.3 | 4.4 | -36 | 114 | 变化不大 |
| 4 | 77.8 | 16.1 | 4.8 | -30 | 112 | 变化不大 |
| 5 | 66.6 | 0 | 17.5 | 157 | 106 | 变化不大 |
| 6 | 74.1 | 6.5 | 19.0 | 179 | 104 | 变化不大 |
| 7 | 83.3 | 24.3 | 18.7 | 176 | 108 | 变化不大 |
| 8 | 74.1 | 10.5 | 28.5 | 318 | 105 | 变化不大 |
| 9 | 69.0 | 3.0 | 32.4 | 377 | 135 | 变化不大 |

大,其中速效磷含量变化最大,前 4 个处理均下降 30%左右,后 5 个处理均又大幅度增加。8、9 两个处理高达 318%~377%,这可能是因大量施用化肥后,激发了土壤和有机肥本身中磷的有效性。关于这一问题,有待作进一步的研究。

2.3 肥料养分利用和经济效益分析

2.3.1 肥料养分利用率 从表 7 可知,单施有机肥的,其氮、磷、钾的利用率明显低于配施无机肥的。如处理 5,因其施用了磷肥,则其有机肥中氮的利用率达到了 32.6%,比处理 2 提高了 8.7%。无机肥中

表 7 不同处理的肥料利用率(%)

| 处理号 | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O* |
|-----|-------|-------------------------------|-------------------|
| 2 | 23.9* | 22.8* | 8.6 |
| 3 | 27.9 | 29.3* | 18.5 |
| 4 | 30.2 | 35.4* | 21.5 |
| 5 | 32.6* | 11.8 | 13.5 |
| 6 | 35.4 | 30.1 | 27.7 |
| 7 | 41.1 | 47.8 | 34.3 |
| 8 | 47.7 | 42.2 | 37.2 |
| 9 | 46.0 | 38.9 | 40.1 |

注:有*号者为有机肥养分的利用率

氮、磷的利用情况也是氮、磷配合施用的利用率(氮平均为 42.6%,磷平均为 39.8%)远比其单施的利用率(氮平均为 29.1%,磷平均为 11.8%)高。

2.3.2 作物对养分的需要量 从表 8 可知,施肥的种类和数量不仅明显影响作物的产量,也影响生产 100kg 籽粒对氮磷钾养分的需要量及比例。如处理 4,小麦的氮:磷:钾为 5.0:1:4.2,处理 8,因增施了磷肥,其比例为 3.0:1:2.6。如按产量低高把 9 个处理归为 A、B 两组发现,低产 A 组的氮、磷、钾需要量相应的低于高产 B 组。

2.3.3 化肥施用的经济效益分析 经连续 7 年的分析发现,无机肥化肥无论哪种施用方式,都能获得利润,但以配合施用的处理 7,即年亩施 16kg 氮和 4kg 磷时,投资收益率最理想,风

险小,盈利多。具体分析详见表 9。

表 8 作物产量及生产百公斤籽实养分吸收量 (kg)

| 处 理 | 小 麦 | | | | | 玉 米 | | | | |
|--------|------|------|-------------------------------|------------------|--|------|------|-------------------------------|------------------|--|
| | 总产 | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N : P ₂ O ₅ : K ₂ O | 总产 | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N : P ₂ O ₅ : K ₂ O |
| 1 | 950 | 1.93 | 0.643 | 1.889 | 3.0 : 1 : 2.9 | 615 | 1.73 | 0.769 | 1.715 | 2.2 : 1 : 2.2 |
| 2 | 1430 | 1.73 | 0.630 | 1.973 | 2.7 : 1 : 3.1 | 1184 | 1.60 | 0.701 | 1.594 | 2.3 : 1 : 2.3 |
| 3 | 1830 | 2.21 | 0.534 | 2.239 | 4.1 : 1 : 4.2 | 2064 | 1.73 | 0.455 | 1.321 | 3.8 : 1 : 2.9 |
| 4 | 1960 | 2.54 | 0.503 | 2.117 | 5.0 : 1 : 4.2 | 2372 | 1.94 | 0.465 | 1.404 | 4.2 : 1 : 3.0 |
| 5 | 1796 | 1.41 | 0.785 | 1.762 | 1.8 : 1 : 2.2 | 1594 | 1.56 | 0.828 | 1.630 | 1.9 : 1 : 2.0 |
| 6 | 2620 | 1.66 | 0.612 | 1.906 | 2.7 : 1 : 3.1 | 2509 | 1.66 | 0.729 | 1.523 | 2.3 : 1 : 2.1 |
| 7 | 3007 | 2.22 | 0.654 | 2.056 | 3.4 : 1 : 3.1 | 2950 | 1.62 | 0.835 | 1.371 | 1.9 : 1 : 1.6 |
| 8 | 3115 | 2.28 | 0.762 | 1.981 | 3.0 : 1 : 2.6 | 3017 | 1.83 | 0.969 | 1.552 | 1.9 : 1 : 1.6 |
| 9 | 3057 | 2.11 | 0.783 | 2.308 | 2.7 : 1 : 2.9 | 3014 | 1.95 | 0.871 | 1.465 | 2.2 : 1 : 1.7 |
| A* | | 1.91 | 0.618 | 1.981 | 3.1 : 1 : 3.2 | | 1.70 | 0.658 | 1.531 | 2.6 : 1 : 2.3 |
| B | | 2.20 | 0.733 | 2.115 | 3.0 : 1 : 2.9 | | 1.80 | 0.892 | 1.463 | 2.0 : 1 : 1.6 |

注:A 为前 6 个低产处理的平均值,B 为后 3 个高产处理的平均值。

表 9 无机化肥施用的经济效益情况

| 处 理 | 总产量 (kg/亩) | 总产值 (元/亩) | 总投资 (元/亩) | 总利润 (元/亩) | 产 投 比 | 单位养分增产 (kg/kg) | 投资收益 元/元 |
|--------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------|-------------------|-------------|
| 1 | 1565 | 1129.0 | | | | | |
| 2 | 2614 | 1854.4 | | | | | |
| 3 | 3891 | 2700.6 | 117.6 | 728.6 | 22.96 | 22.8 | 6.20 |
| 4 | 4332 | 2991.2 | 235.2 | 901.6 | 12.72 | 15.3 | 3.83 |
| 5 | 3390 | 2393.2 | 126.0 | 412.8 | 18.99 | 12.9 | 3.28 |
| 6 | 5129 | 3601.4 | 176.4 | 1570.6 | 20.42 | 29.9 | 8.90 |
| 7 | 5957 | 4175.6 | 294.0 | 2027.2 | 14.20 | 23.9 | 6.90 |
| 8 | 6032 | 4302.2 | 352.8 | 2095.0 | 12.19 | 20.9 | 5.94 |
| 9 | 6072 | 4254.0 | 470.4 | 1929.2 | 9.04 | 15.4 | 4.10 |

注:作物价格:小麦 0.80 元/kg,玉米 0.60 元/kg,N、P₂O₅、K₂O 均为 2.10 元/kg。

3 结 论

对肥力较低的土壤,长期大量施用有机肥,能明显地培肥地力,使土壤有机质 7 年增加 19.8%,全氮增加 11.6%;小麦、玉米产量,7 年每亩年平均提高 151kg。

小麦—玉米一年两熟轮作周年氮、磷化肥用量最佳分别为 16kg/亩和 4kg/亩。氮、磷化肥在农肥施用的基础上配合施用,7 年可使土壤有机质增加 32.2%,土壤全氮增加 15.3%,使土壤及有机肥中磷的有效性成倍提高,保证作物高产、稳产、高效。

有机肥单施时,其氮、磷、钾养分利用率分别为 23.9%、22.8%和 8.6%;氮、磷化肥单施

时,其利用率分别 29.1%和 11.8%,而两者配合施用,其利用率分别高达 42.6%和 39.8%。可见,在生产中,要发挥肥料的最大效益,对肥料必须平衡施用,氮、磷合理配合。

参 考 文 献

- 1 沈善敏. 国外的长期肥料试验,土壤通报,1984,15(3,4,5):85~91,134~138,184~185
- 2 李实炸等. 稻田多熟制中的地力贡献. 土壤通报,1988,19(4):145~147
- 3 汪寅虎. 有机肥改土作用和供肥机制研究. 土壤通报,1990,21(4):145~151

Fertilizer Location Experiment of One-year Wheat-Corn Rotation

Liu Chunmin Zhang Guilan Zhang Ziwu Bao Dejun

(Soil and Fertilizer Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002)

Abstract Through the fertilizer location experiment of one-year wheat-corn rotation system on Chao soil for seven years, the utilized coefficient of fertilizer and the nutrient requirement quantity of crops were obtained. The integrated application of inorganic nitrogen and phosphorus on the basis of manure is one of the best agrotechniques both for getting stable-high yield and economic efficiency of crops and for improving the soil fertility. The optimum application quantity of nitrogen and phosphorus is 240 kg/ha and 60 kg/ha each year, respectively.

Key words: Wheat; Corn; Fertilizer location experiment; Utilized coefficient of fertilizer