

文章编号: 100226819(2001)0620049204

旱农区秸秆还田秋施肥 对春玉米产量及水分利用效率的影响

杨治平, 周怀平, 李红梅

(山西省农业科学院)

摘要: 在我国典型半湿润偏旱的山西寿阳试区, 通过 7 年的长期定位试验, 研究秸秆还田秋施肥对春玉米生长和水分利用的影响。结果表明: 不同方式的秸秆还田结合秋施肥是一项适用于该区的行之有效的技术。该技术的应用可以起到蓄水保墒的功效, 特别是土壤表土的含水率较春施肥提高了 1.09%~3.04%, 从而提高了春玉米的出苗率, 使得苗齐、苗壮。秸秆还田秋施肥使水分利用效率提高 0.26~0.29 g_{ök}g, 氮磷肥利用率分别提高 3.9%~13.9% 和 3.0%~9.1%。从 5 年的产量统计结果看, 秋施肥和春施肥处理相比较, 玉米籽粒增产 2.56~3.88 t_{öhm}², 增产幅度为 8.10%~13.4%。

关键词: 秸秆还田秋施肥; 春玉米; 水分利用效率

中图分类号: S365; S152.7; S513 **文献标识码:** A

寿阳县是山西省玉米的主产地, 常年播种面积约 17 300 hm², 水分胁迫、土地瘠薄严重制约着寿阳地区玉米产量的增加。如何解决好水和肥的关系, 使该区有限的水资源得到充分的利用, 达到以水调肥的目的, 提高水肥利用率, 是“八五”以来我们攻关的主要内容。针对该区玉米秸秆资源丰富, 每年有近 1.2 亿 kg 的玉米秸秆需要处理, 春季干旱少雨的特点, 我们将秸秆还田和秋季深施肥有机地结合起来, 系统地研究了秸秆还田秋施肥对旱地玉米高效利用土壤水肥资源, 促进幼苗生长发育, 提高产量的作用。

1 材料和方法

1.1 试验区概况

试验设在山西省寿阳县宗艾村, 试验区年均降水量 520 mm 左右, 年干燥度 1.1~1.2, 年均气温 7.4, 4 月下旬平均风速 3.1 m_{ös}, 春旱频繁, 无霜期 125~140 d。供试土壤为褐土, 耕层土壤养分为有机质 2.35%, 全氮 0.107%, 碱解氮 106.4 mg_{ök}g, 速效磷 4.97 mg_{ök}g, 速效钾 117.2 mg_{ök}g。

1.2 试验处理设置与实施

试验采用裂区设计, 主区处理为春施肥(S)和秋施肥(A), 副区处理为 5 个处理: 传统施肥(每公顷施 N 120 kg 和 P₂O₅ 52.5 kg); 适宜施肥(每公顷施 N 150 kg 和 P₂O₅ 84 kg); 适宜施肥+ 秸秆覆盖还田(还田量为 6 t_{öhm}²); 适宜施肥+ 秸秆直接还田(还田量为 6 t_{öhm}²); 适宜施肥+ 秸秆过腹还田(湿牛粪 45 t_{öhm}²)。在主区处理中春施肥为结合春播穴施或浅条施化肥, 施肥深度 4~7 cm。秋施肥为结合秋深耕翻地, 条施或全耕层深施肥, 施肥深度 10~15 cm。化肥全部底施, 生育期不再施肥。试验小区面积 33.3 m²。

2 结果与分析

2.1 秸秆还田秋施肥的耕层土壤含水率变化

寿阳试区春季干旱少雨, 风大, 春播时, 耕层失水迅速, 此时如果耕翻施肥, 将加重耕层水分的散失, 影响玉米种子的萌发和幼苗的生长; 而秋季结合深耕翻施肥再加秸秆还田后精细耙耱, 可起到秋保春墒的作用。春季若遇干旱, 可直接耩播或机播, 避免再一次翻动耕层土壤, 有效保存了土壤耕层含水率, 有利于抗旱出全苗。

从表 1 可看出, 通过连续 3 年对土壤耕层含水率的测定, 秋季深施肥均不同程度地较春施肥有所提高。特别是 1995、1996 年, 春季严重干旱, 玉米出苗十分困难, 缺苗现象十分严重, 但实施秸秆还田秋

收稿日期: 2001205223 修订日期: 2001210208

基金项目: 国家“八五”、“九五”旱地农业科技攻关项目之寿阳旱农试验区专题(“852007201”和“962004204”)部分内容

作者简介: 杨治平(1969-), 女, 助理研究员, 主要从事旱地农业水肥研究; 太原 山西省农业科学院, 030801

表 1 不同处理土壤耕层含水率

Table 1 Soil moisture contents with different treatments

%

| 处理 | 1995 | | | 1996 | | | 1997 | | |
|-------|-------|--------------|------------|-------|--------------|------------|-------|--------------|------------|
| | 土壤含水率 | 同 S_1 处理比较 | 春秋施肥相应处理比较 | 土壤含水率 | 同 S_1 处理比较 | 春秋施肥相应处理比较 | 土壤含水率 | 同 S_1 处理比较 | 春秋施肥相应处理比较 |
| S_1 | 12.31 | — | — | 12.37 | — | — | 17.88 | — | — |
| S_2 | 12.65 | 0.34 | — | 12.37 | 0.00 | — | 16.65 | -1.23 | — |
| S_3 | 13.09 | 0.78 | — | 13.61 | 1.24 | — | 18.76 | 0.88 | — |
| S_4 | 14.71 | 2.40 | — | 15.03 | 2.66 | — | 18.39 | 0.51 | — |
| S_5 | 12.44 | 0.13 | — | 14.03 | 1.66 | — | 17.42 | -0.46 | — |
| A_1 | 15.48 | 3.17 | 3.17 | 13.96 | 1.59 | 1.59 | 17.91 | 0.03 | 0.64 |
| A_2 | 15.89 | 3.58 | 3.24 | 13.64 | 1.27 | 1.27 | 17.29 | -0.59 | 0.03 |
| A_3 | 15.82 | 3.51 | 2.73 | 15.06 | 2.69 | 1.45 | 19.20 | 1.32 | 0.44 |
| A_4 | 15.80 | 3.49 | 1.09 | 16.45 | 4.08 | 1.42 | 19.78 | 1.9 | 1.39 |
| A_5 | 15.24 | 2.93 | 1.80 | 15.57 | 3.20 | 1.54 | 18.24 | 0.36 | 0.82 |

施肥技术,确保了玉米的出苗率,为玉米生长打下了坚实的基础。从主区看,秋施肥耕层土壤含水率较春施肥提高了 1.09%~3.24%。从副区处理看,秋施肥中不同秸秆还田处理的土壤耕层含水率要高于传统的春施肥处理(S_1) 1.27%~3.58%,而春施肥中 S_3 、 S_4 、 S_5 也高出 S_1 0.13%~2.66%。1997年由于春季雨水充足,土壤墒情良好,秸秆还田秋施肥的优势不明显。说明该技术在春季干旱少雨的情况下,作用明显。

2.2 秸秆还田秋施肥的水肥利用情况

2.2.1 对水分利用的影响

不同处理的秸秆还田配以秋深施肥,由于施肥方法上采取了深施和早施,减少氮素的挥发损失,诱

导根系下扎,扩大了根系觅取土壤养分和水分的空间,有利于对深层土壤水分和养分的吸收利用,从而提高了水肥利用率。从表 2 可以看出单施低量化肥(S_1)和适量化肥处理(S_2),其水分利用效率相近,可以说单纯追求化肥的高投入,并不利于旱地玉米水分利用效率的提高,而秸秆还田和秋季深施肥有机结合,可显著提高水分利用效率,年平均提高 0.26~0.29 g \ddot{o} kg,5 年累计生育期耗水量减少 1.1~24.7 mm。从 1997 年秋 2 m 土体贮水量状况看,各处理间贮水量相近,也就是说从 1992 年秋到 1997 年秋 5 年间,根据统计,利用同量的水秸秆还田秋施肥较传统施肥多生产了 5.83~7.09 t 玉米,水分得到高效利用。

表 2 不同处理对水分利用效率的影响

Table 2 Effect of different treatments on WUE

| 处 理 | 生育期耗水量 \ddot{o} mm | | | | | | 水分利用效率 \ddot{o} g \cdot kg $^{-1}$ | | | | | | 1992 年秋土 体贮水量 \ddot{o} mm | 1997 年秋土 体贮水量 \ddot{o} mm |
|--------|----------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--|------|------|------|------|---------|--------------------------------|--------------------------------|
| | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 5 年累计 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 5 年累计均值 | | |
| S_1 | 439.9 | 513.6 | 632.3 | 474.2 | 314.6 | 2374.6 | 1.35 | 1.35 | 0.75 | 1.48 | 0.71 | 1.13 | 371.2 | 286.7 |
| S_2 | 467.9 | 529.2 | 650.8 | 482.4 | 316.7 | 2447.0 | 1.23 | 1.39 | 0.72 | 1.34 | 0.97 | 1.13 | 371.2 | 281.7 |
| S_3 | 423.8 | 517.0 | 650.8 | 482.4 | 311.8 | 2385.8 | 1.48 | 1.34 | 0.73 | 1.59 | 1.07 | 1.24 | 371.2 | 287.5 |
| S_4 | 429.6 | 520.1 | 648.8 | 482.7 | 315.2 | 2396.4 | 1.40 | 1.46 | 0.88 | 1.55 | 0.79 | 1.22 | 371.2 | 287.0 |
| S_5 | 458.6 | 522.4 | 638.1 | 490.1 | 313.6 | 2422.8 | 1.47 | 1.50 | 0.88 | 1.60 | 1.08 | 1.31 | 371.2 | 282.8 |
| A_1 | 444.8 | 510.8 | 638.7 | 475.4 | 321.4 | 2391.2 | 1.43 | 1.48 | 0.88 | 1.52 | 1.07 | 1.28 | 371.2 | 284.2 |
| A_2 | 471.7 | 511.0 | 627.7 | 474.2 | 320.1 | 2404.6 | 1.34 | 1.49 | 0.87 | 1.62 | 1.15 | 1.29 | 371.2 | 281.7 |
| A_3 | 442.0 | 505.4 | 625.7 | 478.3 | 325.8 | 2377.2 | 1.59 | 1.59 | 0.99 | 1.65 | 1.17 | 1.40 | 371.2 | 283.5 |
| A_4 | 420.1 | 510.8 | 632.0 | 489.2 | 319.6 | 2371.7 | 1.56 | 1.64 | 1.01 | 1.56 | 1.19 | 1.39 | 371.2 | 282.5 |
| A_5 | 461.4 | 515.1 | 628.2 | 496.0 | 321.3 | 2421.7 | 1.59 | 1.62 | 0.59 | 1.67 | 1.29 | 1.42 | 371.2 | 284.0 |

2.2.2 不同处理对养分利用的影响

玉米植株地上部养分积累量,反映了玉米对土壤和肥料养分的吸收利用情况。表 3 为 5 年累计的

玉米植株地上部养分积累总量资料。秸秆还田秋施肥有利于养分在玉米地上部的积累,总量增加。

表 3 不同处理对玉米植株地上部养分积累量的影响

Table 3 Effect of different treatments on nutrition accumulation of corn $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$

| 处理 | 秸秆养分积累量 | | | 籽粒养分积累量 | | | 玉米植株地上部养分积累总量 | | |
|----------------|---------|-------------------------------|------------------|---------|-------------------------------|------------------|---------------|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| S ₁ | 264.9 | 34.2 | 451.8 | 440.6 | 122.0 | 107.6 | 705.5 | 156.2 | 559.4 |
| S ₂ | 267.9 | 33.8 | 476.7 | 448.5 | 124.2 | 112.1 | 717.4 | 158.0 | 588.4 |
| S ₃ | 308.4 | 42.0 | 532.1 | 469.2 | 132.0 | 117.3 | 777.6 | 174.0 | 649.4 |
| S ₄ | 277.8 | 36.0 | 493.4 | 463.8 | 131.6 | 118.8 | 741.6 | 167.6 | 661.0 |
| S ₅ | 298.8 | 40.2 | 578.7 | 534.6 | 147.8 | 147.8 | 833.4 | 188.0 | 726.5 |
| A ₁ | 282.3 | 38.6 | 502.1 | 495.8 | 139.1 | 123.9 | 778.1 | 177.7 | 626.0 |
| A ₂ | 296.0 | 37.4 | 525.0 | 491.6 | 141.3 | 126.0 | 787.6 | 178.7 | 651.0 |
| A ₃ | 321.6 | 41.1 | 547.5 | 546.6 | 153.9 | 131.0 | 868.2 | 195.0 | 678.5 |
| A ₄ | 290.3 | 38.0 | 575.9 | 525.6 | 151.1 | 131.4 | 815.9 | 189.1 | 707.3 |
| A ₅ | 304.1 | 42.5 | 596.1 | 578.0 | 156.5 | 163.4 | 882.1 | 199.0 | 759.5 |

其中氮素、磷素(P₂O₅)和钾素(K₂O)积累总量分别增加 110.4~176.6 kgÖhm², 32.9~42.8 kgÖhm²和 119.1~200.1 kgÖhm²。秸秆还田秋施肥使土壤和肥料中的养分得到有效充分的利用。经 1996、1997 年测定, 秸秆还田秋施肥氮肥利用率为 24.2%~36.0%, 磷肥当季利用率为 10.5%~15.1%。而春施肥各处理氮肥利用率为 16.8%~28.6%, 磷肥当季利用率为 6.0%~10.0%。秋施肥较春施肥氮、磷肥利用率分别提高了 3.9%~13.9% 和 3.0%~9.1%。

2.3 不同处理的玉米生育期生理状况

由 2.1 所述得知, 秸秆还田秋施肥, 减少了春季穴施化肥引起的玉米烧苗现象, 增加了耕层土壤含水量, 玉米出苗率显著提高, 根系发达, 株高、鲜质量及干质量也有所增加。见表 4。

2.4 不同处理的玉米产量

从 5 年的产量统计结果(表 5)看出, 不同方式的秸秆还田秋施肥带来的最终结果是玉米产量的提

表 4 不同处理对玉米前期生长发育状况的影响

Table 4 Effect of different treatments on growth of corn

| 处 理 | 出苗率 ö% | 株高 Öcm | 地上部 鲜质量ög | 根鲜质 量ög | 根长 ön | 地上部 干质量ög | 根干质 量ög |
|----------------|-----------|-----------|--------------|------------|----------|--------------|------------|
| S ₁ | 81.6 | 34.5 | 9.7 | 4.7 | 1.67 | 1.50 | 1.10 |
| S ₂ | 81.4 | 40.0 | 14.3 | 6.4 | 2.46 | 2.51 | 1.50 |
| S ₃ | 83.8 | 40.5 | 10.3 | 4.3 | 1.85 | 1.60 | 1.0 |
| S ₄ | 79.5 | 38.0 | 14.1 | 5.9 | 2.48 | 2.20 | 1.4 |
| S ₅ | 83.0 | 39.0 | 14.5 | 5.7 | 2.67 | 2.20 | 1.2 |
| A ₁ | 87.3 | 40.5 | 18.0 | 7.3 | 2.25 | 3.0 | 1.65 |
| A ₂ | 95.8 | 44.0 | 22.6 | 7.0 | 3.07 | 3.35 | 1.50 |
| A ₃ | 96.7 | 40.0 | 13.6 | 7.9 | 2.56 | 2.30 | 1.75 |
| A ₄ | 97.0 | 50.3 | 31.8 | 11.7 | 2.84 | 4.65 | 2.51 |
| A ₅ | 96.8 | 52.0 | 38.0 | 13.0 | 3.60 | 5.50 | 2.9 |

高。与传统施肥(S₁)比较, 玉米籽粒增产 5.85~7.09 tÖhm², 增产幅度为 21.7%~26.4%; 秋施肥和春施肥处理相比较, 玉米籽粒增产 2.56~3.88 tÖhm², 增产幅度为 8.10%~13.4%。同时增加了玉米秸秆 1.7~3.2 tÖhm², 为秸秆还田提供了更充足的有机肥源。

表 5 不同处理对玉米产量的影响

Table 5 Effect of different treatments on corn yield

| 处理 | 玉米产量öt · hm ⁻² | | | | | | 同 S ₁ 处理相比 | | 春秋施肥同一处理比较 | |
|----------------|---------------------------|------|------|------|------|-------|--------------------------|-------|--------------------------|-------|
| | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 5 年总产 | 增产量öt · hm ⁻² | 增产率ö% | 增产量öt · hm ⁻² | 增产率ö% |
| S ₁ | 5.95 | 6.96 | 4.75 | 7.00 | 2.25 | 26.91 | — | — | — | — |
| S ₂ | 5.74 | 7.37 | 4.69 | 6.48 | 3.06 | 27.34 | 0.43 | 1.60 | — | — |
| S ₃ | 6.03 | 7.62 | 5.71 | 7.47 | 2.50 | 29.33 | 2.42 | 9.00 | — | — |
| S ₄ | 6.26 | 6.92 | 4.78 | 7.68 | 3.34 | 28.98 | 2.07 | 7.70 | — | — |
| S ₅ | 6.74 | 7.81 | 5.64 | 7.86 | 3.39 | 31.44 | 4.53 | 16.83 | — | — |
| A ₁ | 6.38 | 7.56 | 5.65 | 7.20 | 3.42 | 30.21 | 3.30 | 12.26 | 3.30 | 12.26 |
| A ₂ | 6.32 | 7.60 | 5.45 | 7.68 | 3.68 | 30.73 | 3.82 | 14.20 | 3.39 | 12.40 |
| A ₃ | 6.56 | 8.26 | 6.26 | 7.65 | 3.81 | 32.74 | 5.83 | 21.66 | 3.41 | 11.63 |
| A ₄ | 7.02 | 8.04 | 6.12 | 7.88 | 3.80 | 32.86 | 5.95 | 22.11 | 3.88 | 13.39 |
| A ₅ | 7.31 | 8.32 | 5.95 | 8.27 | 4.15 | 34.00 | 7.09 | 26.35 | 2.56 | 8.14 |

3 结 论

1) 从土壤耕层含水率状况以及对水分利用情况分析得知: 秋施肥处理土壤耕层含水率以及玉米的水分利用效率明显高于春施肥处理。在秋施肥主处理中所设的 3 种秸秆还田方式的结果显示, 就 3 年土壤耕层含水率状况而言, 表现为 1995、1996 年秸秆覆盖 (A_3) 处理的土壤耕层含水率高于秸秆直接还田处理 (A_4), 从 5 年的玉米水分利用效率统计结果看, 秸秆覆盖处理稍高于秸秆直接还田处理。

2) 秋施肥有效解决了当地施肥中存在的问题, 坚持早施和深施的原则, 减少了玉米的烧苗现象, 使玉米出苗率提高, 苗齐苗壮, 根系趋于发达, 玉米产量显著高于春施肥处理。秋施肥主处理中, 3 种秸秆还田方式 5 年产量结果统计, 有 3 年秸秆覆盖处理高于秸秆还田处理。近年来, 由于持续干旱, 从我们 1998~ 2000 年产量结果看, 秸秆覆盖的增产效果高于秸秆直接还田处理。

3) 秋施肥主处理中, 第 3 种秸秆还田方式即秸秆过腹还田的效果从上述各项内容分析应该是最理想的, 但是, 目前农民散户饲养牲畜的数量逐年减少, 该技术推广得不到保证。

综上所述, 秸秆覆盖结合秋施肥技术是此试验中效果最理想的, 而且可操作性强, 农民易于接受, 因此值得在半湿润偏旱区推广。

[参 考 文 献]

- [1] 张树清. 旱地化肥秋施增产因素及方法技术[J]. 甘肃农业科技, 1992, 7: 20~ 33
- [2] 冯利平. 不同覆盖处理对旱作玉米生育与产量效应的研究[J]. 干旱地区农业研究, 1995, 13(1): 50~ 54
- [3] 陈尚谟. 半湿润偏旱区农田水分生产潜力的测定[J]. 干旱地区农业研究, 1995, 13(4): 40~ 44
- [4] 鲁如坤. 我国典型地区农业生态系统养分循环和平衡研究(3)[J]. 土壤通报, 1996, 27(5): 193~ 196
- [5] 李中佩. 不同施肥制度下红壤稻田的养分循环与平衡规律[J]. 中国农业科学, 1998, 31(1): 46~ 54

Effect of Autumn Fertilization Combined With Returning Stalks to Field on Corn Yield and Water Use Efficiency in Arid Farming Areas

Yang Zhiping, Zhou Huaiping, Li Hongmei

(Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031, China)

Abstract: Shanxi Shouyang Experiment Area was situated in typically semidamp and drought areas of North China. A seven-year plot experiments were conducted in that area to study the effect of combining autumn fertilizing with returning stalks to field on corn yield and water use efficiency. The results show that it is an effective technique to moisture soil conserve, especially top soil moisture. Compared with spring fertilizing, top soil moisture was increased by 1.09% ~ 3.04%, WUE was increased by 0.26% ~ 0.29%, nitrogen and phosphate use efficiency were raised respectively 3.9% ~ 13.9% and 3.0% ~ 9.1%. By 5-year yield statistic, the results showed that autumn fertilizing increased 2.56~ 3.88 t/ha² in yield, compared with spring fertilizing. The range of increased in yield was 8.01% ~ 13.4%.

Key words: autumn fertilizing combined with returning stalks to field; spring corn; water use efficiency