

果树滴灌秸秆覆盖效应的初步研究

李锡录 王玉太 张涛 徐征和

(山东省水利科学研究院·济南·250013)

摘 要 本研究是山东省科委项目“农田节水灌溉综合示范开发研究”子课题“果树滴灌试验”的一部分。1990~1992年试验表明,秸秆对果树滴灌土壤水热状况有良好的覆盖效应:可增加土壤贮水,降低耗水,调节土壤温度,提高水分利用效率,滴灌加秸秆覆盖这一综合节水措施具有较高的推广价值。

关键词 果树滴灌 秸秆覆盖 节水

Preliminary Study for Drip Irrigation of Fruit Trees with Straw Cover

Li Xilu Wang Yutai Zhang Tao Xu Zhenghe

(Shandong Water Conservancy Sciences Institute. Jinan. 250013)

Abstract The study is a part of subtask—“drip irrigation test of fruit trees”, which belongs to scientific and technological committee of Shandong province project “The comprehensive developing study of water saving irrigation in farmlands”. From 1990 to 1992, the test showed that the straw cover has good effects to heat and water state of soil for drip irrigation of fruit trees, it can increase storage water of soil, reduce water consumption, regulate soil temperature, raise utilization rate of moisture. So the comprehensive saving water measures of drip irrigation with straw cover has a higher value of popularization.

Key words drip irrigation of fruit trees straw cover water-saving

1 前 言

水资源紧缺,使得发展节水灌溉,建立节水农业成为当今世界不少国家的总趋势。在我国发展节水灌溉,不仅是缓解当前农田用水紧缺的重要途径,也是发展高产优质高效农业的长期战略任务。果树滴灌自70年代引进我省,80年代有了较大进展,到1993年已发展到1.67万 hm^2 ,占同期全国微灌面积2.33万 hm^2 的71.4%。当代节水灌溉的作用范围包含两个方面,即生育节水(提高水分利用效率)和传输节水(提高水的利用系数)^[1]。为此,在“七五”果树滴灌技术研究的基础上,开展了果树滴灌加秸秆覆盖综合节水的试验,初步研究了秸秆对果树滴灌水热状况的覆盖效应:如土壤贮水、耗水、地温及水分利用效率等;并分析了秸秆覆盖生育节水的机理和推广前景。

① 收稿日期:1995—09—10

2 试验设计方法

在曲阜万亩综合节水试验,选定李洼坡麓梯田贫水井灌区7.87hm²苹果园为滴灌秸秆覆盖试区。土壤为轻质棕壤土,容重1.53g/cm³,0~60cm计划湿润层平均田间持水量16.7%(占干土重),土壤肥力中等偏下,有机质5.13g/kg,全氮0.79g/kg,碱解氮42.59mg/kg,全磷0.91g/kg,速效磷5.5mg/kg,速效钾41.2mg/kg。

试验是在果树品种、树龄、株行距、长势、管理等相同条件下进行,采用田间小区试验法,共设8个处理组合,3个重复。田间试验设计为裂区设计法。见表1。

表1 试验处理设计

| 处理 | 滴灌 | 地面灌 | 秸秆覆盖 | 不覆盖 | 备 注 |
|-----|----|-----|------|-----|--|
| I | ✓ | | ✓ | | 1. 供试果树为16龄金帅6m×6m |
| II | ✓ | | | ✓ | 2. 覆盖秸秆为麦秸厚5cm(2kg/m ²) |
| III | | ✓ | ✓ | | 3. 地面灌即盘灌灌水定额900~1200m ³ /hm ² |
| IV | | ✓ | | ✓ | |

试验观测项目:土壤水分、气温、地温、灌溉、降水、灌溉水利用系数、果树需水量、苹果产量等。

3 结果分析

3.1 增加土壤贮水

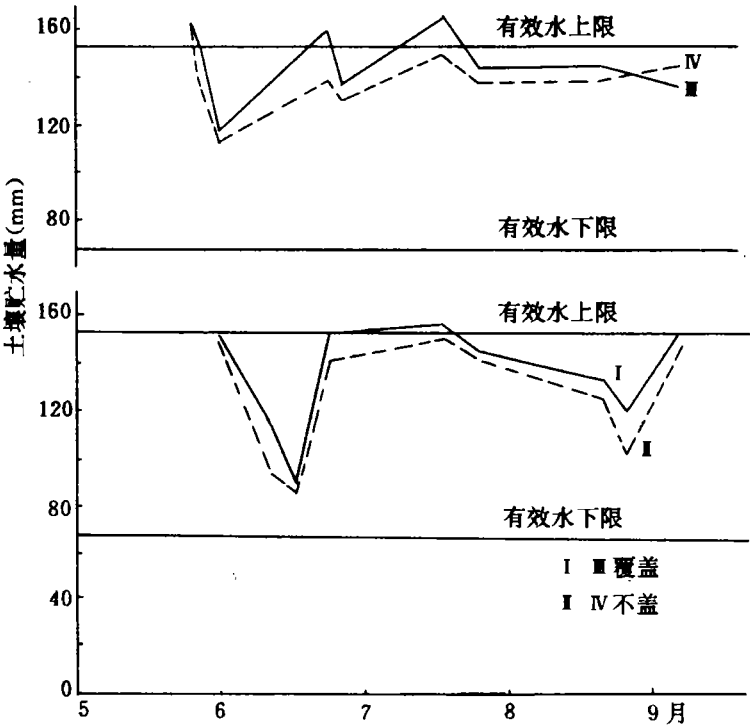


图1 果树滴灌地面灌覆盖与不覆盖0~60cm 土壤贮水动态曲线

1992年为试区特旱水文年,5~9月连续观测了果树滴灌、地面灌覆盖与不覆盖0~60cm土壤

贮水量。并在特旱的6月16日果树萎蔫叶片卷缩发黄时,测定了果树初期凋萎含水率(干土重%)
0~10cm4.79%,10~20cm6.19%,20~40cm10.34%,0~60cm加权平均为7.34%。以初凋含水
率土壤贮水量68.2mm 为有效水下限,以田间持水量土壤贮水为有效水上限,绘制了0~60cm土
壤贮水动态曲线表2及图1。

表2 秸秆覆盖与不盖0~60cm 土壤贮水量 (mm)

| 月.日 | 5.24* | 5.26 | 5.31 | 6.23 | 6.26 | 7.17 | 7.24 | 8.20 | 9.6 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| I | 162.85 | 152.02 | 117.23 | 158.08 | 136.87 | 163.31 | 144.40 | 144.86 | 137.79 |
| II | 163.50 | 139.07 | 113.74 | 139.80 | 130.91 | 149.73 | 138.53 | 138.71 | 145.04 |
| I~II | -0.65 | 12.95 | 3.49 | 18.28 | 5.96 | 13.58 | 5.87 | 6.15 | -7.25 |
| 月.日 | 6.1* | 6.11 | 6.16 | 6.23 | 7.17 | 7.24 | 8.20 | 8.25 | 9.6 |
| III | 152.85 | 113.37 | 90.24 | 152.48 | 155.97 | 145.69 | 133.11 | 118.79 | 152.48 |
| IV | 150.18 | 95.93 | 87.67 | 141.83 | 150.18 | 142.57 | 125.95 | 102.36 | 146.33 |
| III-IV | 2.67 | 17.44 | 2.57 | 10.65 | 5.79 | 3.12 | 7.16 | 16.43 | 6.15 |

* 覆盖前采土。

3.2 降低土壤耗水

在果树需水高峰期的7月下旬及8月中、下旬,实测了计划湿润层(0~60cm)土壤耗水量
(ETc)、耗水强度,见表3、图2。

表3 果树滴灌区秸秆覆盖与不盖土壤耗水 (ETc) 剖面分布值

| 月.日 | | 土层深度(cm) | | | | |
|------|-----------|----------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0~10 | 10~20 | 20~40 | 40~60 | 0~60 |
| 7.24 | ETc | -0.05 | 1.76 | 7.50 | 9.88 | 19.09 |
| 至 | (mm) | 10.27 | 5.92 | 13.22 | 5.57 | 34.98 |
| 7.30 | 耗水强度 | -0.01 | 0.29 | 1.25 | 1.65 | 3.18 |
| | (mm/d) | 1.71 | 0.97 | 2.20 | 0.93 | 5.83 |
| 8.12 | ETc | 5.13 | 4.85 | 15.51 | 2.66 | 28.15 |
| 至 | (mm) | 8.02 | 10.37 | 19.06 | 4.74 | 42.19 |
| 8.25 | 耗水强度 | 0.39 | 0.37 | 1.19 | 0.20 | 2.17 |
| | (mm/d) | 0.62 | 0.80 | 1.47 | 0.36 | 3.25 |
| 7.24 | 加权平均耗水 | 0.27 | 0.34 | 1.21 | 0.66 | 2.48 |
| 至 | 强度(mm/d) | 0.96 | 0.86 | 1.70 | 0.54 | 4.06 |
| 8.25 | 占0~60cm 耗 | 10.89 | 13.71 | 48.79 | 26.61 | 100 |
| | 水强度(%) | 23.65 | 21.18 | 41.87 | 13.30 | 100 |

注: $\frac{\text{覆盖值}}{\text{不覆盖值}}$

从表3、图2可明显看出,计划湿润层土壤耗水量 (ETc)、耗水强度,覆盖值均小于不盖值。其
耗水强度之比:7月24日~30日覆盖3.18mm/d:不盖5.83mm/d为1:1.83;8月12~25日覆盖
2.17mm/d:不盖3.25mm/d为1:1.50;7月24日~8月25日加权平均耗水强度之比:覆盖
2.48mm/d:不盖4.06mm/d为1:1.64。7月24日~8月25日,耗水强度在计划湿润层剖面分布特点
是:覆盖与不盖均表现在20~40cm土层耗水强度最大,分别占计划湿润层耗水强度的48.79%,
41.87%;0~40cm土层耗水强度分别占计划湿润层耗水强度的73.39%,86.70%;40~60cm土层
耗水强度覆盖与不盖基本接近,分别为0.66mm/d,0.54mm/d。其不同点是,覆盖的耗水强度在
0~20cm土层最小(占计划湿润层的24.6%),而不盖的耗水强度在40~60cm 土层最小(占计划
湿润层13.3%)。初步分析,0~40cm土层耗水强度大,主要是太阳辐射热的直接影响,使表层土

壤产生温度梯度,导致热毛管流及水汽扩散,增大土壤水分蒸发造成的。而秸秆覆盖阻隔了太阳辐射热的传导,使覆盖土壤增大了红外反射率和蒸发阻力(水汽扩散阻力)^[2],致使覆盖土壤温度、土壤水分蒸发均小于不盖值。

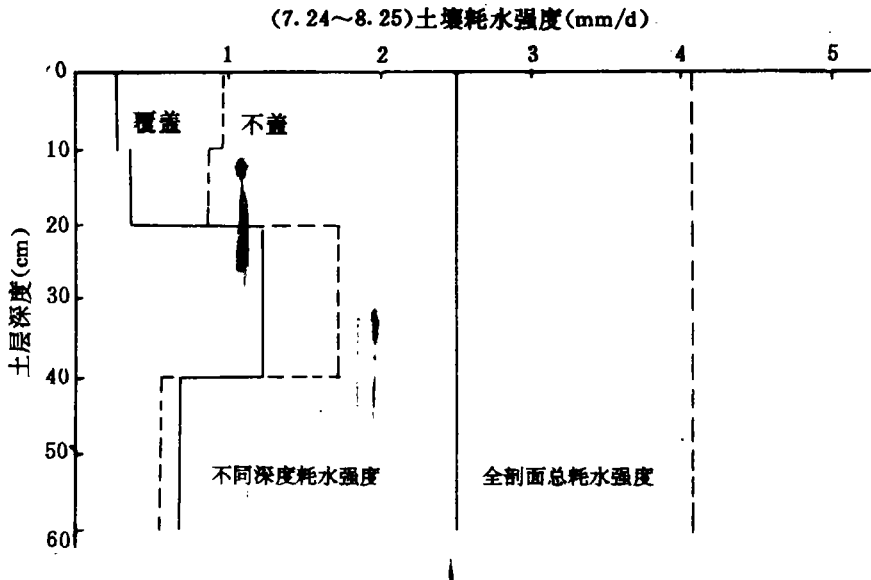


图2 果树滴灌覆盖与不覆盖耗水强度剖面分布

3.3 调节土壤温度

秸秆覆盖农田,在我国干旱区早有实践,并取得良好效果。而果树滴灌区覆盖秸秆的试验研究较少。1989年,北京农业大学隋红建进行了“不同覆盖条件对土壤水分分布影响的计算机模拟”,将秸秆覆盖层称之为多孔介质层,并测试了麦秸覆盖与裸地土壤的光学参数及土壤水热状况,见表4。得出秸秆覆盖降低地温的主要原因是其导热率小,阻隔了太阳辐射热的传导。

表4 光学参数及土壤水热测定值

| 处理 | 太阳总辐射反射率 日均值(a) | 红外比辐射率 | 红外反射率 | 土壤温度 (℃) | 体积含水率 (cm ³ /cm ³) |
|------|--------------------|--------|--------|-------------|--|
| 覆盖麦秸 | 0.3251 | 0.8535 | 0.1465 | 14.75 | 0.2362 |
| 裸地土壤 | 0.2266 | 0.9520 | 0.0148 | 18.02 | 0.2018 |

注:1、秸秆覆盖厚度5cm;2、土壤深度5cm;3、土壤温度及体积含水率为6日平均值。

1992年7月26日~9月22日,我们在曲阜果树滴灌区进行了秸秆覆盖与不盖的地温观测,每日早8:00,14:00及20:00观测气温及土层深度5,10,15,20,25cm的地温,取均值,见表5、图3。试验表明,当5cm裸地土层地温高于气温时(7月26日~8月25日)秸秆覆盖可降低地温,0~25cm土层平均温度覆盖比不盖低1.88~0.01℃;当5cm裸地土层温度低于气温时(8月25日~9月22日)覆盖可提高地温,0~25cm土层平均温度覆盖比不盖高0.01~0.8℃。7月26日~9月22日,0~25cm土层温度变幅,不盖为10.19℃大于覆盖变幅7.51℃;其太阳辐射热影响深度,不盖值25cm,覆盖值20cm;温度梯度均为自上而下,梯度变化值不盖为3.60~0.33℃覆盖为1.77~0.80℃,不盖的温度梯度大,变幅大,覆盖的温度梯度小,且变幅亦小,综上所述,秸秆覆盖层具有明显的阻隔热传导、调节地温的作用。

表5 果树滴灌区秸秆覆盖与不盖地温比较表(℃)

| 月·日 | 5cm | 10cm | 15cm | 20cm | 25cm | 0~25cm | 气温 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 7·26 | 27.60 | 27.00 | 26.73 | 25.83 | 27.07 | 26.85 | 30.90 |
| | 30.93 | 29.40 | 28.37 | 27.60 | 27.33 | 28.73 | |
| 7·30 | 26.73 | 26.63 | 26.60 | 25.67 | 27.23 | 26.57 | 29.20 |
| | 30.40 | 28.97 | 28.30 | 27.83 | 27.47 | 28.59 | |
| 8·7 | 26.43 | 26.23 | 26.23 | 25.50 | 26.97 | 26.27 | 26.86 |
| | 28.93 | 27.43 | 27.17 | 26.67 | 26.57 | 27.35 | |
| 8·12 | 25.73 | 25.70 | 25.63 | 24.67 | 26.27 | 25.60 | 26.10 |
| | 26.90 | 26.17 | 26.13 | 25.67 | 25.60 | 26.09 | |
| 8·20 | 25.20 | 24.90 | 24.63 | 23.77 | 25.20 | 24.74 | 25.90 |
| | 26.23 | 25.03 | 24.73 | 24.13 | 24.10 | 24.84 | |
| 8·25 | 26.30 | 25.67 | 25.27 | 24.27 | 25.40 | 25.38 | 26.89 |
| | 26.83 | 25.53 | 25.07 | 24.80 | 24.63 | 25.37 | |
| 9·6 | 24.70 | 24.40 | 24.50 | 23.67 | 25.00 | 24.45 | 25.60 |
| | 25.07 | 23.93 | 23.60 | 23.50 | 23.33 | 23.89 | |
| 9·12 | 20.97 | 21.00 | 21.10 | 20.20 | 21.87 | 21.03 | 22.40 |
| | 21.10 | 20.67 | 20.50 | 20.20 | 20.13 | 20.52 | |
| 9·22 | 19.80 | 19.63 | 19.10 | 19.00 | 19.17 | 19.34 | 20.30 |
| | 18.83 | 18.20 | 18.13 | 19.06 | 18.50 | 18.54 | |

* 覆盖值
不盖值

近半个世纪以来,国外学者对土壤水、热、盐同步运移问题做了大量研究^[3],得出温度梯度对土壤水分有较大影响,土壤水分运动是在水热梯度共同作用下进行的。曲阜果树滴灌区秸秆覆盖效应试验也得出同样结论:0~60cm 计划湿润层存在自下而上的土壤水分梯度,表层10cm 土壤含水量为田间持水量的40%~50%,40~60cm 为田间持水量的90%~100%,其水分梯度为田间持水量的40%~50%;而计划湿润层表层土壤同时存在自上而下的温度梯度,其覆盖土层(0~20cm)温度梯度为1.77~0.8℃,小于不盖土层(0~25cm)温度梯度3.60~0.33℃。计划湿润层土壤水分在上述水热梯度的共同作用下,以热毛管流及水汽扩散形式加剧水分蒸发。由于不盖土壤温度梯度大于覆盖土壤温度梯度,使其果树主要生育期7~9月土壤耗水强度,不盖值大于覆盖值,并随着温度梯度的减少,其耗水强度也同步降低。见图3。

3.4 提高水分利用效率

1991年,在果树整个生育期4~10月,观测了土壤贮水、大气降水、灌溉水利用系数、灌水量、

表6 不同处理的水分利用效率

| 处理 | 萌芽期土壤 贮水量 (mm) | 收获期土 壤贮水量 (mm) | 生育期有 效降雨量 (mm) | 生育期 灌水量 (mm) | 生育期 耗水量 (mm) | 苹果 产量 (kg/hm ²) | 水分利 用效率 [kg/(mm·hm ²)] |
|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------|--|
| I 滴灌覆盖 | 114.8 | 122.4 | 344.6 | 131.4 | 468.4 | 51750 | 110.55 |
| II 滴灌不盖 | 119.3 | 110.8 | 344.6 | 128.7 | 481.8 | 49170 | 102.00 |
| III 地面灌覆盖 | 105.6 | 142.3 | 344.6 | 452.7 | 760.6 | 43905 | 57.75 |
| IV 地面灌不盖 | 106.7 | 153.3 | 344.6 | 446.2 | 744.2 | 40860 | 54.30 |

果树需水及苹果产量,分别计算了不同处理的水分利用效率。见表6。

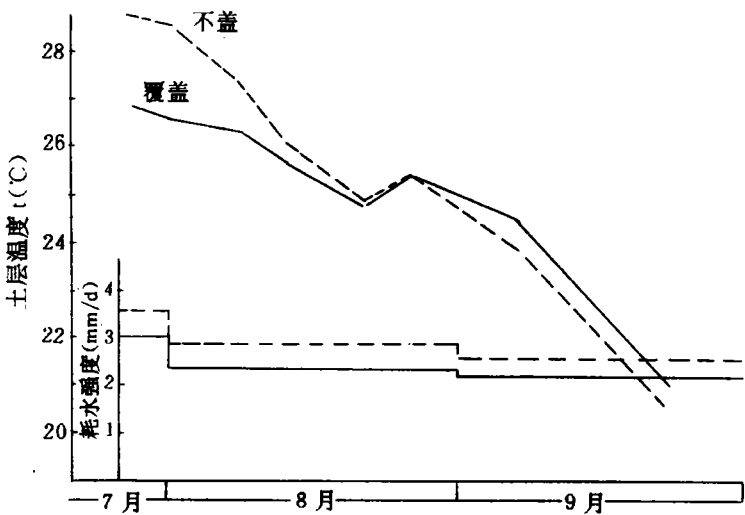


图3 果树滴灌覆盖与不盖地温、耗水强度过程线

从表6看出,水分利用效率 $I>Ⅰ>Ⅱ>Ⅳ$,其 $I:Ⅰ:Ⅱ:Ⅳ$ 为 $1:0.92:0.52:0.49$ 。滴灌秸秆覆盖水分利用效率最大,地面灌不覆盖最小,初步分析,主要影响因素有二:一是灌溉水的利用系数不同;二是计划湿润层有效养分的淋失,影响苹果产量。

3.4.1 灌溉水利用系数分析 经测试,灌溉水从水源井到田间,均系机泵提水,管道输水,其水的利用系数在 $0.95\sim0.98$ 。而水灌入田间,田间水利用系数,滴灌大于地面灌。按计划湿润层(0~60cm)水量平衡分析,灌水量等于土壤贮水增值、实测果树需水量(ET_c)及深层渗漏量之和。据7月20日果树需水高峰期灌后24h实测资料分析(见表7):地面灌(Ⅲ、Ⅳ)平均灌水量为142.33mm,其平均渗漏量67.15mm,占灌水量47.21%,其田间水利用系数0.53;而滴灌(Ⅰ、Ⅰ')平均灌水量34.77mm,平均渗漏0.48mm,占灌水量1.38%,其田间水利用系数为0.99。由于试区地下水全年平均埋深在4.7m以下,可视深层渗漏水为无效水。综合分析得出,滴灌灌溉水利用系数为 $0.94\sim0.97$,地面灌灌溉水利用系数为 $0.50\sim0.52$ 。滴灌较地面灌灌溉水利用系数大的主要原因是灌水深层渗漏量小。

表7 地面灌、滴灌土壤水量平衡计算表

| 处理 | 1 | | 2 | | | 3 | 4 | | |
|-----|-------|------------|--------------------|--------------------|-------|-------|------|-------|-------|
| | 灌水量 | | 土层贮水增值 | | | ETc | 渗漏量 | | |
| | (Q/A) | (mm) | (W ₁ %) | (W ₂ %) | (mm) | (mm) | mm | 占1(%) | |
| 滴灌 | I | 0.51/18.10 | 28.17 | 8.73 | 11.43 | 24.79 | 3.18 | 0.20 | 0.71 |
| | II | 0.35/8.46 | 41.36 | 9.26 | 13.33 | 37.36 | 3.25 | 0.75 | 1.81 |
| 地面灌 | III | 4/28.00 | 142.86 | 10.29 | 18.30 | 73.53 | 5.35 | 63.98 | 44.79 |
| | IV | 4/28.25 | 141.59 | 9.60 | 17.30 | 68.21 | 3.07 | 70.31 | 49.66 |

注:1=2+3+4,上层0~60cm, $Q-m^3 A-m^2$, W_1 、 W_2 为灌水前、后土壤含水率 ET_c 为实测值

3.4.2 土壤养分淋失分析 据测试,地面灌(Gi)灌水量120mm(合每公顷1 200 m^3),滴灌(Di)灌水量15mm(合每公顷150 m^3),灌后24h时采土分析,计划湿润层0~60cm 土壤养分剖面分布,速效性氮、磷、钾,滴灌均高于地面灌。见表8。

表8 地面灌、滴灌土壤养分剖面分布

| 土层深度 (cm) | 速效氮 (mg/kg) | | 速效磷 (mg/kg) | | 速效钾 (mg/kg) | |
|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | G _i | D _i | G _i | D _i | G _i | D _i |
| 0~10 | 66.79 | 72.90 | 21.75 | 15.83 | 50.50 | 48.10 |
| 10~20 | 66.99 | 71.41 | 24.95 | 19.90 | 40.60 | 43.10 |
| 20~40 | 36.54 | 60.29 | 10.55 | 38.23 | 30.60 | 38.20 |
| 40~60 | 45.26 | 62.82 | 4.41 | 17.46 | 31.70 | 29.10 |
| 0~60 | 49.56 | 65.04 | 12.77 | 24.52 | 35.95 | 37.63 |
| D _i -G _i | 15.48 | | 11.75 | | 1.68 | |
| $\frac{D_i-G_i}{D_i}\%$ | 23.82 | | 47.92 | | 4.46 | |

注:G_i为地面灌,D_i为滴灌,0~60cm 加权平均值。

4 结 语

1、土壤水分运动是在水热梯度共同作用下进行的。秸秆覆盖阻隔热传导,致使覆盖土壤较不盖土壤,温度梯度小,太阳辐射影响深度浅,产生的热毛管流和水汽扩散作用弱,故土壤水分蒸发损失小。试验得出的增加土壤贮水、降低耗水、调节土壤温度、提高水分利用效率等,可初步概括为秸秆覆盖生育节水的机理和内涵。

2、秸秆不仅对土壤水热状况有良好覆盖效应,还有肥田改土保土抑制杂草生长等生态效应,且我国秸秆丰富,价格低廉,与果树微灌、农田管灌等传输节水措施结合,其综合节水效果十分显著,因此,具有广阔的推广前景。

3、秸秆覆盖与节水工程结合的综合节水定量化研究是个较复杂的课题,尚需进一步深化。

参考文献

- 1 余开德. 节水灌溉发展中若干问题的思考. 灌溉排水, 1991, 4: (2)
- 2 隋红建. 不同覆盖条件对土壤水热分布影响的计算机模拟. 北京农业工程大学, 1989, 11
- 3 李法虎. 土壤中水、热、溶质运移研究现状及展望. 灌溉排水, 1994, 1(7)