

干热河谷坡地果园灌溉覆盖方式的抗旱节水效应分析

米艳华¹, 陆琳¹, 黎其万¹, 陈艺棋², 段曰汤², 杨顺林², 朱红业³

(1. 云南省农业科学院质量标准与检测技术研究所, 云南 昆明 650223; 2. 云南省农业科学院热区生态农业研究所, 云南 元谋 651300; 3. 云南农业科学院科研处, 云南 昆明 650231)

摘 要: 在金沙江干热河谷坡地青枣果园设置裸地漫灌、直沟和目字沟埋草沟灌、地面秸秆、生物覆盖漫灌以及直沟埋草沟灌加地面秸秆覆盖等 6 种灌水覆盖实验, 研究干热河谷坡地果园覆盖灌水方式的抗旱节水效应, 筛选适宜的节水抗旱灌溉技术。结果表明: 土壤保水、蓄水能力表现为覆盖漫灌高于开沟埋草沟灌, 显著高于裸地漫灌。灌溉水利用率和经济效益则表现为: 目字沟、直沟埋草沟灌 > 地面秸秆、生物覆盖漫灌 > 裸地漫灌。直沟埋草沟灌加地面秸秆覆盖处理的灌水次数最少, 灌水量不到裸地漫灌对照的 28.6%, 灌溉水利用率是对照的 6.7 倍。节水效果依此表现为: 直沟埋草沟灌 + 地面秸秆覆盖 > 目字沟埋草沟灌 > 地面秸秆覆盖漫灌 > 直沟埋草沟灌 > 地面生物覆盖漫灌 > 裸地漫灌(CK)。经济效益最好的是直沟埋草沟灌 + 地面秸秆覆盖处理, 其次是目字沟埋草沟灌, 纯效益分别是裸地漫灌的 2.36 倍和 2.16 倍, 产投比是对照的 1.9 倍和 1.8 倍。结果说明, 在干热河谷燥红土果园, 开沟埋草沟灌, 地面覆盖, 使灌溉水渗透土壤, 减少地表径流和蒸散损失, 提高土壤的保蓄水能力, 能有效提高灌溉水的利用率和果园经济效益。

关键词: 干热河谷; 青枣果园; 灌溉; 覆盖; 抗旱节水

中图分类号: S157.2; S715.7; S725.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)02-0065-07

我国人口众多, 水资源约为世界人均占有量的 1/4, 被列为世界几个人均水资源贫乏的国家之一。农业用水占我国总用水量的 80% 以上, 全国农业灌溉水的利用系数平均为 0.3~0.4, 农业水资源利用效率仅为先进国家的一半^[1]。随着全球气候变暖, 水资源急剧减少, 农业节水对保障国家水安全、粮食安全和生态安全, 推动农业和农村经济可持续发展, 就显得十分重要。相应的抗旱节水技术已有大量研发报道。云南地处我国中部生态脆弱带, 又属于西部经济区范围, 加之水资源利用难度大, 人口密度大、人口素质低、经济贫困、生产方式落后, 成为我国人与资源关系最为紧张、资源过度利用最为突出、生态环境退化最为严重、生态建设要求最为迫切的地区。金沙江干热河谷又属于云南水土流失、生态退化最为严重的典型地区。本试验主要针对干热河谷生态脆弱区的水资源利用难题, 在坡地青枣果园设置相关的抗旱节水措施, 研究不同的灌水覆盖方式对当地经济果园的节水效应, 为提高水资源利用率, 筛选适宜的抗旱节水技术提供参考。

1 材料和方法

1.1 试验区概况

试验区位于金沙江干热河谷区域云南省元谋县丙华村委会马大海村青枣果园, 属典型的南亚热带干早半干旱气候, 年均温 20.7℃~24.1℃, ≥10℃ 积温 7 800℃~8 800℃。年降水量 610~817 mm, 年蒸发量 2 600~3 700 mm, 为降水量的 4~6 倍。干湿季节分明, 干季(11 月~次年 5 月)降水量仅为全年的 10.0%~22.2%, 蒸发量为降水量的 10~20 倍以上。试验地面积 2 hm², 坡度 10°~15°, 土壤为燥红土, 胀缩性较高, pH 值 6.37, 有机质含量较低, 仅为 0.67, 碱解氮 5.77 mg/100g, 保水保肥性较差, 水土流失严重, 对植物生长, 农业生产极为不利, 是我国典型的生态脆弱区^[2]。

1.2 试验设置

1.2.1 供试品种 台南一号青枣。种植规格为 3 m×4 m。试前进行回缩更新, 选择地径、苗高和生物量无显著差异的青枣树嫁接一年生、充实、健壮枝条。

收稿日期: 2010-07-24
基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目“长江上游坡耕地整治与高效生态农业关键技术试验示范”(2008BAD98B03-04)
作者简介: 米艳华(1973-), 女, 副研究员, 主要从事生态农业与农产品安全研究。E-mail: zhouniqu@sina.com。
通讯作者: 朱红业, E-mail: hoongyezhu@msn.com。

1.2.2 试验设置 灌水、覆盖试验设 6 个处理(表 1), 设 3 个重复,重复集中排列,每处理面积为 240 m²。

表 1 试验设置
Table 1 Experiment design

代号 Code	试验处理 Treatments	处理内容 Description
T1	裸地漫灌(CK)Flood irrigation in bare land (CK)	果树地面漫灌 Flood irrigation in the surface of orchard
T2	直沟埋草沟灌 Furrow irrigation with straw buried in straight ditches	树冠行向投影中线挖沟埋稻草沟灌 Furrow irrigation with straw buried in straight ditches
T3	目字开沟埋草沟灌 Furrow irrigation with straw buried in mesh ditches	树冠投影中线四面挖目字沟埋稻草沟灌 Furrow irrigation with grass buried in mesh ditches
T4	生物覆盖漫灌 Flood irrigation with plants covering	果园地面种植平托花生生物覆盖漫灌 Flood irrigation and covering soil surface by growing plants
T5	秸秆覆盖漫灌 Flood irrigation with soil surface straw mulching	果园地面稻草或玉米秸秆覆盖漫灌 Flood irrigation and mulching soil surface with straw or rice or maize
T6	直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖 Furrow irrigation with straw buried in straight ditch + straw mulching	T2 + T5

1.3 实验方法

1) 开沟埋草。在果园内顺果树行向开直沟或目字沟,沟深为 45~55 cm,沟宽为 30~40 cm,直沟与果树行向平行;T3 中的目字开沟由与果树行向平行的直沟和与果树行向垂直的横沟组成,且横沟和直沟是相连相通的,形成一个典型的“目”字形状。直沟、目字沟与果树树干基部的垂直距离为 50~60 cm,与果树行向平行的直沟两端采用塑料薄膜截流,开好沟后在沟内放置稻草捆或玉米秆捆,厚度为高出沟面 2~3 cm;以稻草为例,直沟埋草用量为 46.5 t/hm²,目字开沟埋草用量为 63 t/hm²。

2) 生物覆盖。果园地面种植平托花生,平托花生亦称野花生,是热带型多年生豆科落花生属牧草,匍匐性蔓生草本植物,能在强酸性红壤新垦地上生长,其特点是短期内能覆盖地面,生成的草被较矮且整齐,紧贴地面,可有改土绿肥、牧草、公园绿化、水土保持覆盖等不同利用方式。

3) 秸秆覆盖。在果树地面铺置一层稻草或玉米秆,厚度为 2~5 cm,用量为 39 t/hm²。

4) 耕作方式。参试的 6 个处理均为免耕,免耕覆盖包括 T4、T5、T6 处理。

5) 灌水方法。在果园栽培管理过程中,监测果树地面的耕层土壤水分含量,根据青枣叶片萎焉状态,测定土壤凋萎含水量,当土壤含水量达到青枣需水临界值时,分处理分别进行漫灌或沟灌,灌水量为使耕层土壤含水量达到 50%~60%。

6) 土壤含水量测定。土壤动态含水量用 TDR 水分测定仪测定。土壤含水量测定采用烘干法,土壤容重、饱和含水量、田间持水量测定采用环刀法^[3]。各处理在距果树树干基部的垂直距离为 30

~40 cm,深度为 20~30 的耕层土壤的位置取样,每处理随机选取三个环刀样,测定后计算其平均值。

1.4 结果计算

1.4.1 土壤水分滞留贮存量 $W_g(t/hm^2)$

$$W_g=1000\times h\times(Q_0-Q_p)\times r_d$$

其中, h 为土壤厚度(m); r_d 为土壤干容重(g/cm^3); Q_0 为土壤饱和含水量($g/100g$); Q_p 为土壤田间持水量($g/100g$)^[4]。

1.4.2 土壤实际蓄水量 W_a

$$W_a(t/hm^2)=(Q_{后}-Q_{前})\times h_m\times r_d\times 1000$$

式中, $Q_{后}$ 为降雨后的土壤含水量($g/100g$); $Q_{前}$ 为降雨前的土壤含水量($g/100g$); h_m 为土壤湿润深度(m); r_d 为土壤干容重(g/cm^3)^[4]。

1.4.3 灌溉水利用率 灌溉水利用率是指单位土地面积上 1 m³ 灌溉水的生产力;灌溉水利用率(t/m^3)=单位土地面积上青枣产量(t/hm^2)/单位土地面积上灌溉水用量(m^3/hm^2)。

2 结果与分析

2.1 不同灌水覆盖方式对土壤水分及土壤蓄水能力的影响

土壤容重和土壤饱和含水量、土壤田间持水量是反映土壤物理性质的重要参数^[5],也是计算土壤水分滞留贮存量和土壤实际蓄水量的必要参数。从表 2 可以看出,试验处理后土壤容重发生了变化,变动范围在 1.44~1.78 g/cm^3 。直沟埋草沟灌和直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖两处理的土壤容重要低一些,似乎与埋入稻草有关,但目字沟埋草沟灌处理的土壤容重与对照相差无几。同样,土壤饱和含水量实验后也有变化,但不明显,且与灌溉覆盖方式无

关。看来,一年间经不同的灌水覆盖处理,土壤容重和土壤饱和含水量这些土壤基础物理性状并未发生明显的变化。

表 2 不同处理措施土壤水分指标
Table 2 The soil water indexes in different treatment

试验处理 Treatment	容重 Bulk density r_d (g/cm ³)	土壤饱和和 含水量 Saturated capillary capacity Q_0 (g/100g)	土壤田间 持水量 Field capacity Q_p (g/100g)	降雨前土 壤含水量 Moisture content before raining $Q_{前}$ (g/100g)	降雨后土 壤含水量 Moisture content after running $Q_{后}$ (g/100g)	土壤湿润 深度 Depth of soil wetness h_m (m)	土壤水分滞 留贮存量 Water resort in soil W_g (t/hm ²)	土壤实际 蓄水量 Water sluice in soil W_a (t/hm ²)
裸地漫灌(CK) Flood irrigation in bare land (CK)	1.64	39.15	20.30	5.38	5.62	0.18	1.20	0.70
直沟埋草沟灌 Furrow irrigation with straw buried in straight ditches	1.49	40.35	28.02	6.67	7.63	0.25	7.30	3.60
目字开沟埋草沟灌 Furrow irrigation with straw buried in mesh ditches	1.66	33.52	22.19	7.79	8.56	0.29	7.50	3.70
生物覆盖漫灌 Flood irrigation with plants covering	1.67	34.56	18.69	9.20	10.15	0.38	10.60	6.00
秸秆覆盖漫灌 Flood irrigation with soil surface straw mulching	1.78	38.51	21.68	10.29	11.45	0.32	11.9	6.60
直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖 Furrow irrigation with straw buried in straight ditch + soil surface straw mulching	1.44	40.92	15.79	10.48	19.65	0.65	14.50	8.60

但土壤含水量不同,明显与灌水覆盖方式有关。含水量高低依次为:直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖>地面秸秆覆盖漫灌>地面生物覆盖漫灌>目字沟埋草沟灌>直沟埋草沟灌>裸地漫灌(CK)。尤其是降雨后的土壤含水量,直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖比对照高近 2.5 倍。

土壤湿润深度受灌水覆盖方式的影响尤其明显。开沟埋草沟灌明显高于对照,开直沟或开目字沟差别不大;地面覆盖漫灌又高于开沟埋草沟灌,其中生物覆盖略高于秸秆覆盖,覆盖植物根系有利于水下渗;而直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖土壤湿润深度最深,比对照高 2.6 倍,有 1+1>2 之妙。

土壤蓄水能力是评价水源涵养、调节水循环的主要指标之一^[5]。不同的耕作措施可有效提高耕地土壤的蓄水能力,尤其是在干湿分明的干热河谷地区。试验一年,各处理土壤的蓄水能力比对照显著提高,土壤水分滞留贮存量和土壤实际蓄水量依次表现为:直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖>地面秸秆覆盖漫灌>地面生物覆盖漫灌>目字沟埋草沟灌>直沟埋草沟灌>裸地漫灌(CK)(图 1)。常规的漫灌不覆盖,土壤水分滞留贮存量和土壤实际蓄水量最低,仅为 1.2 t/hm² 和 0.7 t/hm²,而直沟埋草沟灌,

地面秸秆覆盖漫灌结合的处理土壤水分滞留贮存量和土壤实际蓄水量达到最高为 14.5 t/hm² 和 8.6 t/hm²,与对照相比,土壤水分滞留贮存量和土壤实际蓄水量比对照提高了 10.8 和 11.3 倍。

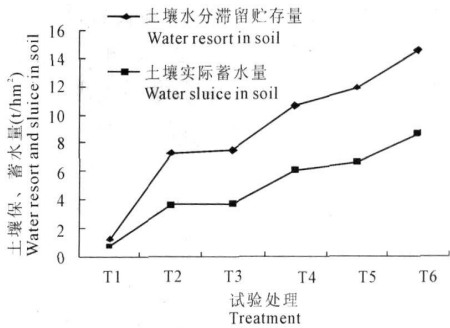


图 1 不同处理对土壤保、蓄水能力的影响
Fig.1 The soil of water storage capacity with different treatment

从整个试验来看,在干热河谷区,通过覆盖措施能有效减少果园地面蒸散,提高土壤的保水、蓄水能力;而开沟埋草沟灌与裸地漫灌(CK)相比,虽然能在一定程度上提高土壤蓄水能力,但土壤蓄水和贮水能力还是比不上覆盖处理,试验结果充分说明了在干热河谷区节水灌溉的主要问题还是最大程度的减少地面水分蒸发。

2.2 不同灌溉覆盖条件下青枣生长发育的对比分析

台湾青枣生长期长,从当年的 5 月开始生长,到次年的 2 月果实完全成熟,这个过程经历了树木发芽期、树木快速生长期、开花结果期、果实成熟期、停止生长期 4 个阶段。从青枣果树生长情况来看(表 3),直沟埋草沟灌株高最高,对照株高最低,不同试验处理株高变幅仅在 191.7~210 cm 之间,株高差异不显著。茎粗表现为直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖处理最高,最低为目字沟埋草沟灌处理,处理间茎

粗差异也不大。

不同灌溉覆盖方式对青枣冠幅影响较为明显。直沟埋草沟灌处理,在南北冠幅接近对照的情况下,东西冠幅明显高于对照,近似树冠投影面积为最大,与行向开沟不无关系。而地面秸秆覆盖处理南北冠幅和东西冠幅都大于对照,近似树冠投影面积仅次于直沟埋草沟灌处理,冠幅明显大于目字沟埋草沟灌、地面生物覆盖以及直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖三处理。

表 3 不同灌水方式青枣营养生长状况的比较
Table 3 The jujube nutrotrion growth in different treatments

试验处理 Treatment	株高(cm) Plant height	茎粗(cm) Stem width	冠幅 Shoot breadth 东西(cm)×南北(cm)	一分枝 Penny divarication	二分枝 Twain divarication	三分枝 Trisection divarication
裸地漫灌(CK) Flood irrigation in bare land (CK)	190.3	5.87	283.4×306.8(86947)	8	19	78
直沟埋草沟灌 Furrow irrigation with straw buried in straight ditches	210.0	5.93	306.7×304.6(93421)	14	24	93
目字开沟埋草沟灌 Furrow irrigation with straw buried in mesh ditches	191.7	5.17	222.0×249.5(55389)	12	21	68
生物覆盖漫灌 Flood irrigation with plants covering	202.0	5.32	227.2×251.6(57164)	13	20	65
秸秆覆盖漫灌 Flood irrigation with soil surface straw mulching	201.2	6.11	292.2×311.3(90962)	9	23	80
直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖 Furrow irrigation with straw buried in straight ditch + soil surface straw mulching	194.8	6.35	220.0×246.6(54252)	17	19	63

而目字沟埋草沟灌、地面生物覆盖以及直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖三处理间冠幅差异不明显,其中直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖处理表现 1+1<1 效应。

不同处理的青枣果树一级分枝有明显差异,对照处理一级分枝最少,直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖处理最多。二级分枝差别不大,但三级分枝直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖处理为最少,在测定青枣三级分枝的时候青枣已经进入生殖生长,所需养分日益增多,而此时的处理秸秆开始腐解也消耗了一定的氮肥,尤其是地面生物覆盖,覆盖牧草也在一定程度上和青枣树争夺营养,这可能是造成目字沟埋草沟灌、地面生物覆盖漫灌和直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖的三级分枝明显低于对照的主要原因,不过,这种推测还需进一步证实。综合青枣果树营养生长的情况来看,在本试验条件下,直沟埋草和覆盖处理,青枣株高、茎粗、冠幅和一、二级分枝情况都优于对照。

2.3 不同灌溉覆盖方式下青枣的灌水利用率

不同的灌溉措施对台湾青枣需水量、产量及水分利用率有较大的影响,台湾青枣各生育期需水量的多少,取决于其生育期的长短和需水强度。根据青枣叶片萎焉状态测定土壤凋萎含水量,当土壤含水量达到青枣需水临界值时,进行灌水。灌水量的计算主要依据为表 4。当土壤含水量达到设定值时(使耕层土壤含水量达到 50%~60%),停止灌水并记录灌水量。

试验结果表明(表 5),在维持青枣树正常生长发育的情况下,对照处理(裸地漫灌)灌水次数最多,灌水用量最大,灌溉水利用率仅为 4.06 kg/m³。且单果重最轻,产量最低。而直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖处理灌水次数最少,灌水量仅仅是对照的 28.6%,灌溉水利用率高达 27.24 kg/m³,是对照的 6.7 倍,且单果重和产量均为最高。六个试验处理,总灌水量依次为:裸地漫灌(CK)>>直沟埋草沟灌≈地面生物覆盖漫灌>目字沟埋草沟灌>地面秸秆覆

盖>直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖。从青枣单株产量看,沟灌高于覆盖漫灌,皆高于对照。因此,灌水利用率表现为:直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖>目字沟埋草沟灌>地面秸秆覆盖漫灌>直沟埋草沟灌>地面生物覆盖漫灌>裸地漫灌(CK),其中目字沟埋草沟灌处理灌水量低于直沟埋草沟灌,略高于地面秸秆覆盖漫灌,因其单株产量高于直沟埋草和秸秆覆盖漫灌,因而灌水利用率高于除直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖外的其它处理。综合比较,节水效果依此表现为:直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖>目字沟埋草灌水>地面秸秆覆盖漫灌>直沟埋草沟灌>地面生物覆盖漫灌>裸地漫灌(CK)。此结果说明,在干热河谷燥红土果园,开沟埋稻草捆或玉米秆捆,实行沟灌,或地面覆盖稻草或玉米秆,使灌溉水缓慢渗透果树根际土壤,减少因漫灌形成地表径流和蒸散损失,提高土壤的保蓄水能力,能有效提高灌

溉水的利用率。

表 4 青枣各生育期需水临界值
Table 4 Critical value of water requirement of jujube in each growth stage

生育期 Growth stage	天数 Number of days	每棵青枣树 需水量(m ³ /株) Water requirement per jujube tree	需水临界值(叶片萎焉 时的土壤含水量) (v/v)(%) Critical value of water requirement
发芽期 Germinating	75	0.86	5.02
开花期 Anthesising	90	1.18	8.10
结果期 Outcoming	67	1.04	7.53
果实成熟期 Fruit autumning	55	0.56	4.67

表 5 台湾青枣几种试验处理用水量
Table 5 Irrigation amount in different treatments

试验处理 Treatment	灌水次数 Irrigation times	总灌水量 Total Irrigation amount (m ³ /hm ²)	灌溉水利用率 Irrigation efficiency (kg/m ³)	单果重 Single fruit weight (g)	青枣单株产量 Yield of fruit per tree (kg)
裸地漫灌(CK) Flood irrigation in bare land (CK)	25	7292.03	4.06	59.5	35.53
直沟埋草沟灌 Furrow irrigation with straw buried in straight ditches	18	3750.19	12.46	79.6	56.07
目字开沟埋草沟灌 Furrow irrigation with straw buried in mesh ditches	16	3333.50	15.80	64.2	63.20
生物覆盖漫灌 Flood irrigation with plants covering	20	3750.19	11.04	74.7	49.68
秸秆覆盖漫灌 Flood irrigation with soil surface straw mulching	14	2916.81	14.72	66.8	51.52
直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖 Furrow irrigation with straw buried in straight ditch+soil surface straw mulching	10	2083.44	27.24	84.5	68.10

2.4 不同灌水覆盖方式下青枣的产量和经济效益

按照农业技术经济效益的常规方法,不计劳动力和秸秆成本,台湾青枣按 4 元/kg 计算,农用灌水按照当地价格 0.1 元/m³,青枣按照 2 500 元/667m² 的农药化肥来进行效益分析,试验结果见表 6。

结果表明,不同的灌水覆盖处理间产量差异极显著,直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖处理效果最好,是裸地漫灌对照产量的 1.92 倍;目字开沟埋草沟灌次之,是对照产量的 1.78 倍;最差的是裸地漫灌(CK)。产值、纯效益、净增值和产投比都表现为:直

沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖>目字沟埋草沟灌>直沟埋草沟灌>地面秸秆覆盖漫灌>地面生物覆盖漫灌>裸地漫灌(CK)。

3 结论与讨论

水土流失严重,土壤薄瘠,干湿季分明,蒸发量大于降雨量,是干热河谷农业生产及植被恢复的主要障碍因素。水资源的高效利用对于该区域生态平衡具有重要的意义。因此,充分利用水资源,改变耕作措施和灌水方式,尽可能减少地表径流,具有较为

表 6 不同节水灌溉模式青枣产量和经济效益分析

试验处理 Treatment	产量 Yield (kg/hm ²)	产值 Output value (万元/hm ²)	投入 Input (万元/hm ²)	纯效益 Net benefit (万元/hm ²)	净增值 Net increase (万元/hm ²)	产投比 Output /Input
裸地漫灌(CK) Flood irrigation in bare land	29605.65	11.842	3.823	8.019	—	3.10
直沟埋草沟灌 Furrow irrigation with straw buried in straight ditches	46727.34	18.691	3.788	14.903	6.884	4.93
目字开沟埋草沟灌 Furrow irrigation with straw buried in mesh ditches	52669.30	21.068	3.783	17.284	9.265	5.57
生物覆盖漫灌 Flood irrigation with plants covering	41402.07	16.561	3.788	12.773	4.754	4.37
秸秆覆盖漫灌 Flood irrigation with soil surface straw mulching	42935.48	17.174	3.779	13.395	5.376	4.54
直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖 Furrow irrigation with straw buried in straight ditch+soil surface straw mulching	56752.84	22.701	3.771	18.930	10.911	6.02

可行的节水灌溉潜力。应用秸秆覆盖、免耕的保护性耕作技术,减少蒸发,结合沟渠渗灌技术,延长水分入渗的时间,可以有效起到蓄水保地、减少水份无效消耗,提高水分利用率的作用^[6]。研究表明:

1) 1年间经不同的灌水覆盖处理,土壤容重和土壤饱和含水量这些土壤基础物理性状并未发生明显的变化。但土壤含水量明显与灌水覆盖方式有关。土壤湿润深度受灌水覆盖方式的影响尤其明显。开沟埋草沟灌明显高于对照,开直沟或开目字沟差别不大;地面覆盖漫灌又高于开沟埋草沟灌,其中生物覆盖略高于秸秆覆盖,覆盖植物根系有利于水下渗;而直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖土壤湿润深度最深,比对照高 2.6 倍,有 1+1>2 之妙。土壤水分滞留贮存量和土壤实际蓄水量依次表现为:直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖>地面秸秆覆盖漫灌>地面生物覆盖漫灌>目字沟埋草沟灌>直沟埋草沟灌>裸地漫灌(CK)。常规的漫灌不覆盖,土壤水分滞留贮存量和土壤实际蓄水量最低,仅为 1.2 t/hm²和 0.7 t/hm²,而直沟埋草沟灌加地面秸秆覆盖处理土壤水分滞留贮存量和土壤实际蓄水量达到最高为 14.5 t/hm²和 8.6 t/hm²,比对照提高了 10.8 和 11.3 倍。

综合比较,节水效果依此表现为:直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖>目字沟埋草沟灌>地面秸秆覆盖漫灌>直沟埋草沟灌>地面生物覆盖漫灌>裸地漫灌(CK)。从整个试验来看,在干热河谷区,通过覆盖措施能有效减少果园地面蒸散,提高土壤的保水、

蓄水能力;试验结果充分说明了在该区域节水灌溉的主要问题还是最大程度的减少地面水分蒸发。采用开沟埋草沟灌能有效提高土壤蓄水能力。

2) 不同的灌水覆盖处理,青枣株高差异不显著。茎粗差异也不大。直沟埋草沟灌处理,在南北冠幅接近对照的情况下,东西冠幅明显高于对照,近似树冠投影面积为最大,与行向开沟不无关系。而地面秸秆覆盖处理南北冠幅和东西冠幅都大于对照,近似树冠投影面积仅次于直沟埋草沟灌处理,冠幅明显大于目字沟埋草沟灌、地面生物覆盖以及直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖三处理。

3) 免耕覆盖能技术能有效地控制土壤侵蚀,减少土壤养分流失,提高土壤肥力,从而提高作物产量和养分利用率^[6]。实验各处理产量差异极显著,直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖处理效果最好,是裸地漫灌对照产量的 1.92 倍;目字开沟埋草沟灌次之,是对照产量的 1.78 倍;最差的是裸地漫灌(CK)。产值、纯效益、净增值和产投比都表现为:直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖>目字沟埋草沟灌>直沟埋草沟灌>地面秸秆覆盖漫灌>地面生物覆盖漫灌>裸地漫灌(CK)。

4) 将经济效益与前述土壤保、蓄水量,灌水利用率对比,有几点值得注意:

① 直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖在土壤保、蓄水量,灌水利用率和经济效益都是最高的,但除土壤湿润深度和降雨后的土壤含水量外,并未表现 1+1>2 效果。

② 在测定青枣三级分枝的时候青枣已经进入生殖生长,所需养分日益增多,而此时的处理秸秆开始腐解也消耗了一定量的氮肥,尤其是地面生物覆盖,覆盖牧草也在一定程度上和青枣树争夺营养,这是不是造成目字沟埋草沟灌、地面生物覆盖漫灌和直沟埋草沟灌+地面秸秆覆盖的三级分枝明显低于对照的主要原因还需进一步证实。

③ 开沟埋草沟灌土壤保、蓄水能力不如地面秸秆、生物覆盖漫灌,但开沟埋草沟灌灌水利用率和青枣经济效益高于地面秸秆、生物覆盖漫灌。开沟埋草沟灌(包括直沟和目字沟)土壤水分滞留贮存量高于地面覆盖漫灌(包括秸秆、生物覆盖),灌水利用率目字沟埋草沟灌高于地面秸秆覆盖漫灌,高于直沟埋草沟灌和地面生物覆盖漫灌,差异不大。

参 考 文 献:

[1] 吴大付,杨文平.提高作物水分利用率的探讨[J].河南科技学院学报(自科版),2005,33(2):1—3.

[2] 黄成敏,何毓蓉.元谋干热河谷试区土壤水分性状及基本物理特性研究[A].生态环境综合整治与恢复技术研究(第二集)[C].北京:北京科学技术出版社,1995:155—160.

[3] 刘 明.凤凰山林场小流域试验场林地土壤涵养水源效益研究[J].林业资源管理,1998,(6):51—54.

[4] 孙艳红,张洪江,程金花,等.缙云山不同林地类型土壤特性及其水源涵养功能[J].水土保持学报,2006,20(2):106—109.

[5] 赵世伟,周印东,吴金水.子午岭北部不同植被类型土壤水分特征研究[J].水土保持学报,2002,16(4):119—122.

[6] 赵树智.机械化保护性耕作技术的研究[J].山西农业大学学报(自然科学版),2004,24(1):270—272.

Analysis of effects of different modes of irrigation and mulching on water-saving and drought-resistance in sloping orchards of dry-hot valley

MI Yan-hua¹, LU Lin¹, LI Qi-wan¹, CHEN Yi-qi², DUAN Yue-tang²,
YANG Shun-lin², ZHU Hong-ye³

(1. Institute of Agricultural Quality Standard & Testing Technique, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650223, China;
2. Institute of Tropical Eco-agricultural Sciences, Yuanmou 651300, China;
3. Devision of Scientific Research Management, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 65023, China)

Abstract: In jujube orchards of the slope area in the dry-hot valley of Jinsha River, six modes of irrigation and mulching were set in the experiment, namely flood irrigation in bare land(CK), furrow irrigation with straw buried in straight ditches, furrow irrigation with straw buried in mesh ditches, flood irrigation with plants covering, flood irrigation with soil surface straw mulching, and furrow irrigation with straw buried in straight ditch + soil surface straw mulching. The results show that, for soil conservation and water storage capacity, flood irrigation with soil surface straw mulching is better than furrow irrigation with straw buried in straight ditches, and much better than CK. As for irrigation water use efficiency and economic benefit, furrow irrigation with straw buried in straight ditches and furrow irrigation with straw buried in mesh ditches>flood irrigation with straw or plants covering>flood irrigation in bare land. The frequency of furrow irrigation with straw buried in straight ditch + soil surface straw mulching is the lowest, less than 28.6% of that of ck, while its water use efficiency is 6.7 times of the ck. The order of water-saving efficiency is furrow irrigation with straw buried in straight ditch + soil surface straw mulching>>furrow irrigation with straw buried in mesh ditches>flood irrigation with soil surface straw mulching>furrow irrigation with straw buried in straight ditches>flood irrigation with plants covering>>CK. Furrow irrigation with straw buried in straight ditch + soil surface straw mulching has the best economic benefit, then followed by furrow irrigation with straw buried in mesh ditches, and they are 2.36 and 2.16 times of that of ck, while their output/input ratio are 1.9 and 1.8 times of that of ck. All these indicate that furrow irrigation with straw buried in straight ditch plus soil surface straw mulching can make irrigation water fully infiltrate into soil, reduce surface runoff and evaporation, improve soil water storage capacity, so as to improve irrigation water use efficiency and orchard economic benefits.

Keywords: dry-hot valley; jujube orchard; irrigation; mulching; water-saving and drought-resistance