

不同灌溉方式对渭北果园土壤水分
及水分利用的影响

李敏敏,安贵阳,郭 燕,赵政阳
(西北农林科技大学园艺学院,陕西 杨凌 712100)

摘 要:为了筛选适合渭北黄土高原苹果园的节水灌溉方式,以陕富 6 号苹果为试材,研究了不同灌溉方式下 0~1 m 土壤含水率的动态变化规律、土壤储水量和水分利用效率。结果表明:(1)3~10 月份,不同层次土壤含水率由高到低为:膜下滴灌>膜下沟灌≈滴灌>沟灌>不灌溉,覆膜与不覆膜之间比较,膜下沟灌>沟灌,膜下滴灌>滴灌。(2)6 月 15 日灌溉后,随着时间推移,各层次土壤含水率呈降低的变化趋势,土层越深土壤含水率波动越小;膜下滴灌和膜下沟灌的土壤含水率的波动低于滴灌和沟灌。(3)膜下滴灌区土壤的储水量大于滴灌,膜下沟灌的储水量大于沟灌。(4)从产量和水分利用效率来看,膜下滴灌最高,膜下沟灌高于沟灌。总之,覆膜能提高土壤含水率和水分利用效率,膜下滴灌在节水的条件下,还保持了最高的土壤含水率和土壤储水量,适合在渭北黄土高原果园节水灌溉中应用。

关键词:苹果;膜下滴灌;土壤含水率;水分利用效率
中图分类号: S152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)04-0174-06

渭北黄土高原是我国重要的优质苹果生产区,也是世界著名的苹果优生区^[1]。然而该地区地下水埋藏深、水资源匮乏,干旱缺水已成为限制渭北果业健康发展的重要制约因素^[2]。渭北旱塬气候环境存在两大特点:降雨时空分布不均且变率较大,在苹果的花芽分化期和果实膨大期等苹果需水的关键期降雨量极小;地表植被稀少,土壤水分蒸发量大,土壤保水能力差^[3]。目前,渭北黄土高原地区果园主要的灌溉方式以大水漫灌为主且没有配套的保水措施,造成了水分利用效率低、水资源浪费。因此,推广应用一种新的节水灌溉技术和配套的保水措施对促进水资源的可持续利用及渭北苹果的“提质增效”具有重要意义。膜下灌溉已在棉花^[4~8]、小麦^[9]、玉米^[10]等作物上广泛应用,对提高作物产量和节约水

资源起到了重要作用,但在果树上推广应用较少。本研究通过对常规沟滴灌与膜下沟滴灌灌水效果进行对比分析,旨在提出一种适合渭北旱塬气候和土壤特点的高效的水分利用模式,为节水灌溉技术和保水措施的推广应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

本试验于 2008~2010 年在西北农林科技大学白水苹果试验站果园内进行。陕西省白水县位于关中平原与陕北高原的过渡地带,全县平均海拔 850 m 左右,属暖温带大陆性季风气候,四季分明,雨热同季,无霜期长,年均气温 11.4℃,年均降雨量 577.8 mm。试验园土壤类型为黄绵土,土壤肥力见表 1。

表 1 试验果园土壤养分含量
Table 1 Soil nutrients content in the experimental apple orchard

项目 Item	全氮 Total N (g/kg)	水解氮 Hydrolytic N (mg/kg)	全磷 Total P (g/kg)	速效磷 Available P (mg/kg)	全钾 Total K (g/kg)	速效钾 Available K (mg/kg)	有机质 Organic matter (g/kg)
含量 Content	0.906	36.982	1.212	6.574	28.732	94.673	0.7541

1.2 试验材料和试验设计

试验果园建立于 2005 年,品种为陕富 6 号,株行距 1.2 m×3 m,树形为自由纺锤形,有灌溉条件,树势健壮、生长一致,果园标准化管理。

收稿日期:2011-01-23
基金项目:国家现代农业技术体系专项(nycyx-08-01-03)
作者简介:李敏敏(1985—),男,河北邢台人,硕士研究生,主要从事果树生理学研究。E-mail:liminmin@mwsuaf.edu.cn。
通讯作者:安贵阳(1964—),男,陕西西安人,研究员,硕士生导师,研究方向为果树栽培生理、营养诊断与施肥。E-mail:guiyangan@
万方数据.com。

试验于 2007 年开始进行灌溉和覆膜处理,设 5 个处理:① 对照(不灌溉);② 沟灌:距离果树基部 50 cm 处两侧沿树行方向开沟,沟长 25 m、深 20 cm、宽 30 cm,从沟的一侧放水灌溉,用水表记水量;③ 膜下沟灌:开沟、灌溉方式与沟灌相同,树两侧覆膜(膜宽 1 m),灌溉沟覆盖在膜下;④ 滴灌:距离果树

基部 50 cm 处两侧沿树行方向铺滴灌带,长 25 m,水表记水量;⑤ 膜下滴灌:滴灌带铺设和灌溉方式同滴管,树两侧覆膜(膜宽 1 m),滴灌带置于膜下。每一行为一小区,随机区组设计。5 种处理的灌水时期和灌水量见表 2。

表 2 不同处理方式的灌水量
 Table 2 Irrigation amount of different treatments

灌溉处理 Irrigation treatments	阶段灌溉量 Stage irrigation amount (mm)				灌溉总量 (mm) Total irrigation amount
	03—20	04—18	06—15	11—10	
CK	0	0	0	0	0
沟灌 Furrow irrigation	18.9	29.9	74.2	49.8	172.8
膜下沟灌 Furrow irrigation under mulch	18.9	29.9	74.2	49.8	172.8
滴灌 Drip irrigation	12.3	17.8	51.8	29.6	101.5
膜下滴灌 Drip irrigation under mulch	12.3	17.8	51.8	29.6	101.5

1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤体积含水率测定 采用时域土壤水分测定仪(TRIME—T3 TDR)测定土壤体积含水量^[11],测定不同深度土层(20、40、60、80、100 cm)含水率(体积含水率),观察水分动态变化趋势。

1.3.2 土壤贮水量的计算 土壤贮水量是指一定土层厚度的土壤总含水量,以深度(mm)表示。简化计算式为^[12]:

$$U = E \times h \times 10$$

式中, U 为土壤贮水量(mm); E 为土壤体积含水率(%); h 为土壤厚度(cm)。

1.3.3 作物耗水量和水分利用效率(WUE)计算 作物耗水量用农田水分平衡法计算。简化的农田水分平衡方程式为:

$$ETa = EP + I - \Delta W$$

式中, ETa 为作物耗水量; EP 为降水量; I 为试验期间的灌水量; ΔW 为时段末与时段初土壤储水

量之差。式中各分量均以 mm 为单位。

作物水分利用效率为作物消耗单位水量生产出的经济产量或生物产量,其表达式为:

$$WUE = Ya / ETa$$

式中, WUE 为作物水分利用效率[$\text{kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$]; Ya 为单位面积的经济产量(kg/hm^2)。

1.4 数据统计分析

数据结果使用 Microsoft Office Excel 2003 作图和 SAS 统计软件进行多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 果树生长时期降雨量变化规律

由图 1 看出,该地区 3~6 月份降雨少,7~9 月降雨较多,且单次降雨量大,仅 7 月 24 日一天的降雨量达 94.6 mm。降雨和灌溉是土壤水分补给的主要途径,因此渭北黄土高原地区果园的灌溉关键期应为 3~6 月份。

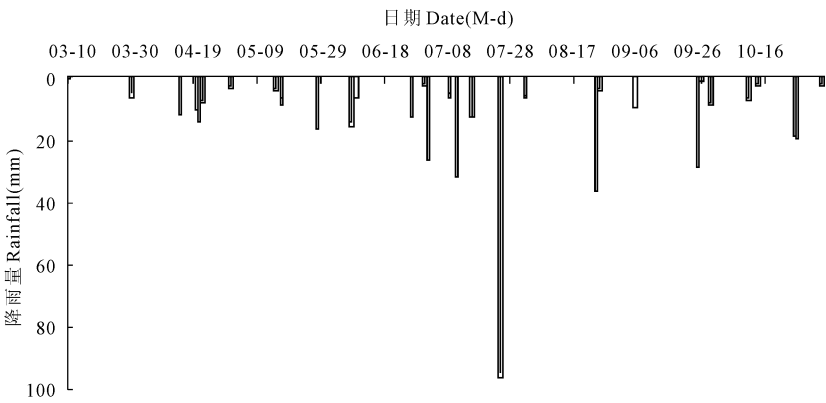


图 1 2010 年 3~10 月试验地降雨量

Fig.1 Rainfall in the experimental orchard from March to October in 2010

2.2 不同灌溉方式土壤含水率动态变化规律

图 2 为 3~10 月份试验地 0~1 m 不同层次土壤水分的变化曲线。不同处理的土壤含水率在空间上的垂直变化特点为:果园土壤水分垂直空间差异很大,0~60 cm 土层越深土壤含水率越高,60~100

cm 土层土壤含水率变化不大。沟灌与膜下沟灌、滴灌与膜下滴灌处理的土壤含水率的比较:膜下沟灌>沟灌,膜下滴灌>滴灌,说明覆膜能起到保持土壤水分的作用。

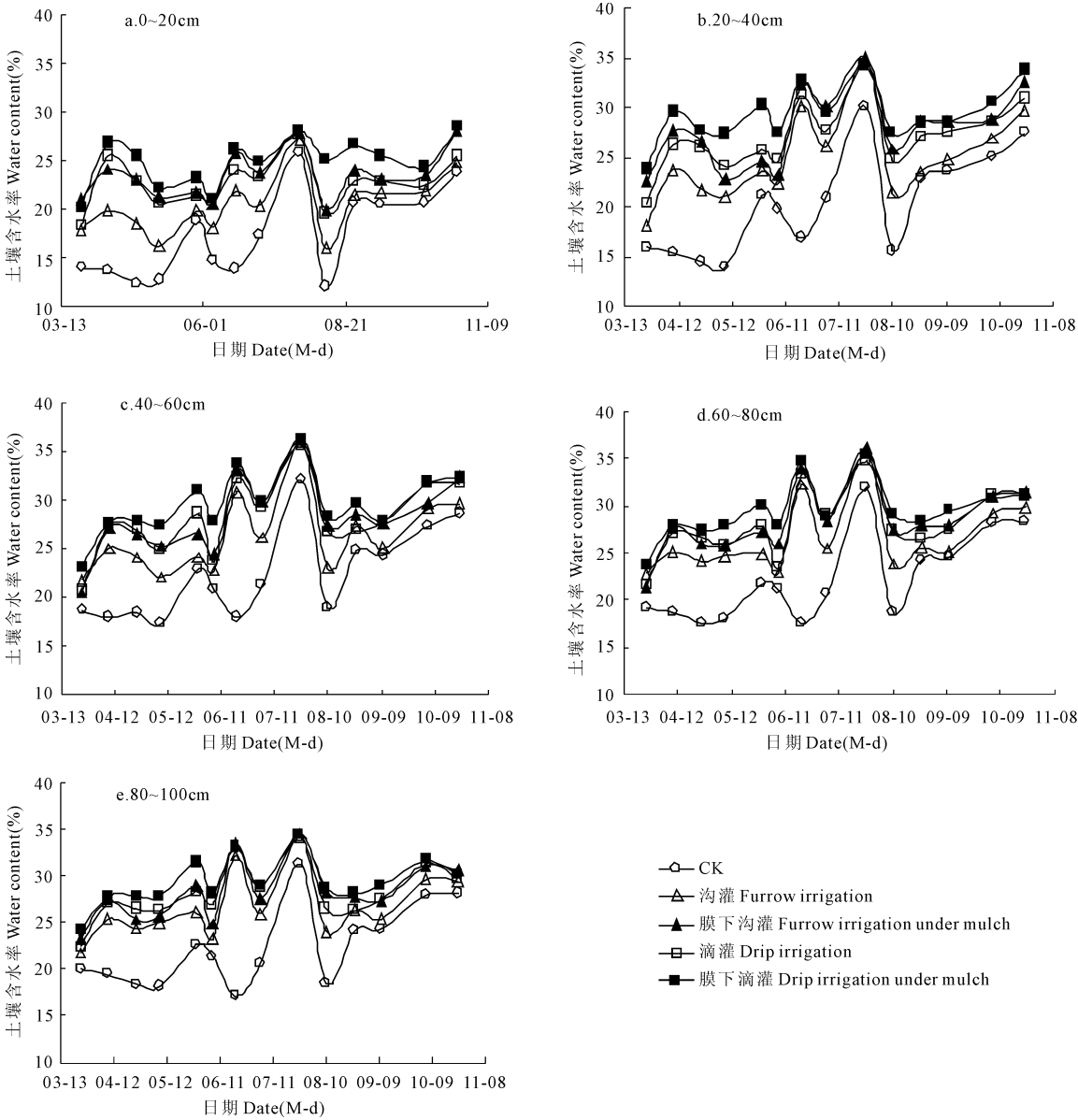


图 2 3~10 月份不同层次土壤含水率动态变化

Fig. 2 The changes of water content in different soil layers from March to October in 2010

2.3 不同灌溉方式不同层次土壤含水率动态变化

图 3 为 6 月 15 日灌溉后,不同层次的土壤水分随时间的变化曲线。由图 3 可以看出,不同层次土壤含水率随时间的动态变化不同,但随着灌溉后天数增加,各层次土壤含水率呈降低的变化趋势,土层越深土壤含水率随时间的变化越不明显。灌溉后,80~100 cm 土层土壤含水率一直保持较高水分状况(含水率~~达~~由截揭水量 80% 以上),表层 0~60 cm

土层土壤含水率变化较大。

在同一土壤层次土壤的含水率表现为:膜下滴灌>滴灌,膜下沟灌>沟灌,且膜下沟、滴灌的土壤水分变化率小于常规沟灌、滴灌;不同土壤层次之间比较,膜下沟灌、膜下滴灌的不同层次土壤水分的差异小于常规沟、滴灌,说明覆膜能降低土壤水分的蒸发速率,起到保水的作用。

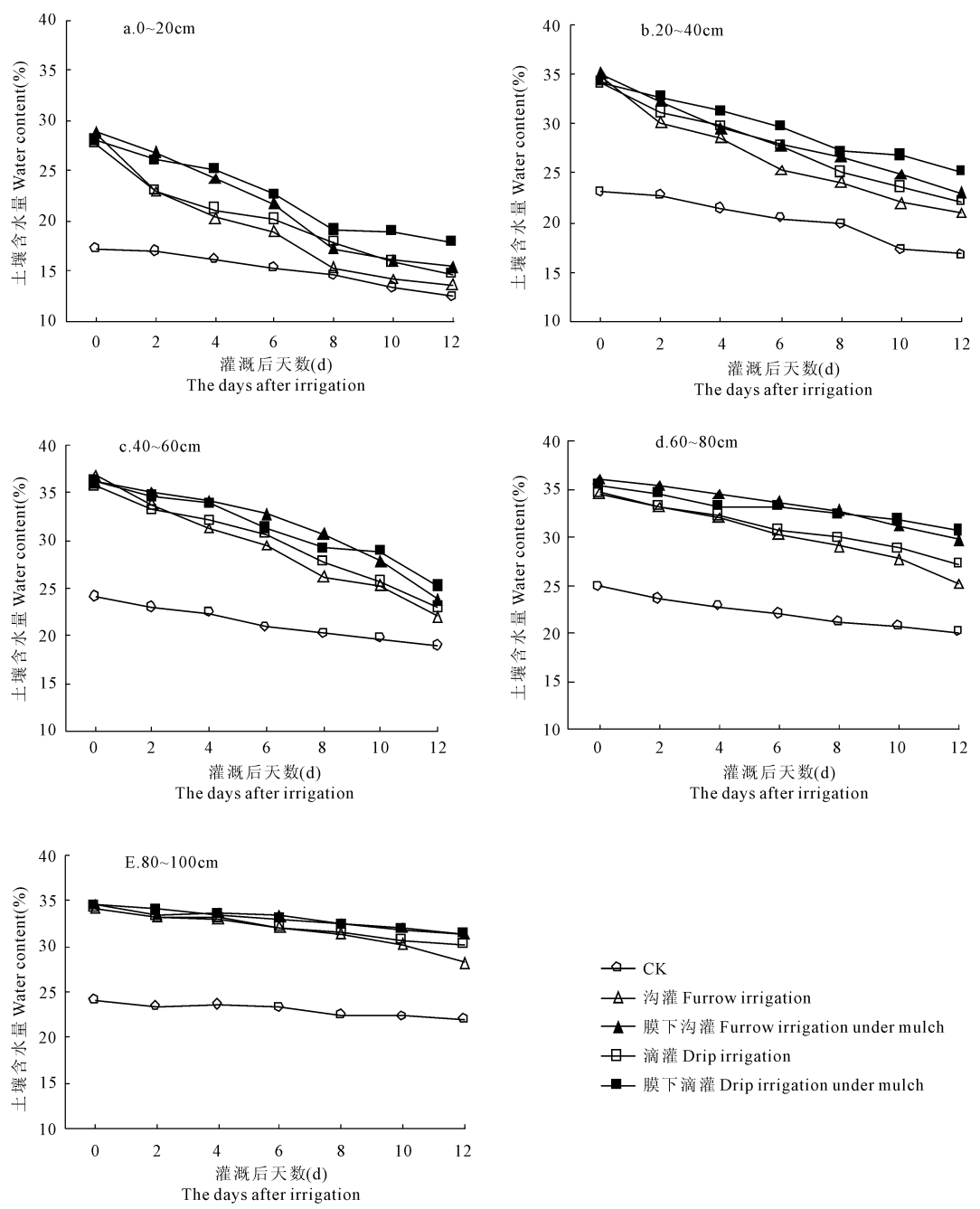


图 3 灌溉后不同层次土壤含水率的变化

Fig.3 The changes of water content in different soil layers after irrigation

2.4 不同灌溉方式对苹果园土壤储水量的影响

5 月份是黄土高原苹果树生长的水分临界期^[13], 试验区降雨存在典型的季节性干旱, 5 月份之前降雨甚少或无, 6~9 月份为该地区的雨季, 该时段降雨量约占全年平均降水量的 80% 左右。

5、8 月份 0~100 cm 土层土壤含水率比较(图 4), 结果显示: 5 月份, 不同处理土壤含水率差异较大, 膜下滴灌>膜下沟灌>滴灌>沟灌; 8 月份不同处理土壤含水率差异较小, 这是因为 8 月份降雨量

较大, 但土壤含水率同样为膜下滴灌>膜下沟灌>滴灌>沟灌。说明无论在干旱的 5 月和降雨量大的 8 月, 覆膜都能提高土壤含水率, 保持土壤水分。

计算 5、8 月份 1m 深土层的土壤储水量(表 3), 结果显示: 5 月份, 膜下滴灌的土壤储水量比滴灌高 11.61%, 膜下沟灌比沟灌高 18.57%; 8 月份, 膜下滴灌的土壤储水量比滴灌高 8.53%, 膜下沟灌比沟灌高 7.46%。

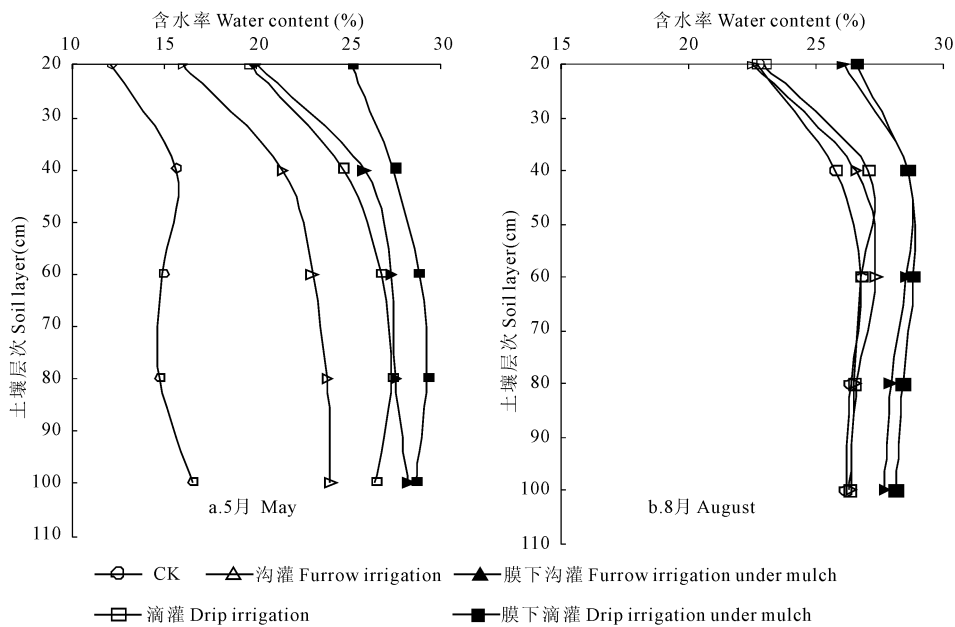


图 4 5、8 月份各处理 1 m 土层内土壤含水率

Fig. 4 The water content in different treatments within 1m soil layer in May and August

表 3 不同处理 5、8 月份 1 m 土层内土壤贮水量对比

Table 3 Soil water content in different treatments within 1 m soil layer in May and August

灌溉处理 Irrigation treatments	土壤储水量 Water content (mm)	
	5 月 May	8 月 August
CK	147.61±6.12d	255.57±4.51b
沟灌 Furrow irrigation	216.46±5.13c	258.64±3.23b
膜下沟灌 Furrow irrigation under mulch	256.65±0.89b	277.93±2.19a
滴灌 Drip irrigation	249.28±2.21b	260.04±3.12b
膜下滴灌 Drip irrigation under mulch	278.21±0.78a	282.22±1.03a

注：同列不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。
Note: The different lower case letters in the same column indicates significant difference at the 0.05 level.

2.5 不同灌溉方式对苹果产量和水分利用效率的影响

由表 4 可以看出,灌溉处理的产量高于对照,不同处理下果树的单果重、株产和产量由高到低的顺序为:膜下滴灌>膜下沟灌>滴灌>沟灌,产量膜下

滴灌比沟灌高 15.08%,膜下沟灌比沟灌高 8.07%。灌溉处理的水分利用效率由高到低的顺序是:膜下滴灌>滴灌>膜下沟灌>沟灌,膜下滴灌比滴灌高 15.06%,膜下沟灌比沟灌高 8.05%。说明膜下滴灌既能增产又能提高水分利用效率。

3 结论与讨论

1) 本研究表明,沟灌、膜下沟灌、滴灌和膜下滴灌不同层次土壤的含水率都高于不灌溉,膜下滴灌区的土壤含水率最高,膜下沟灌和滴灌相差不大,沟灌最低。李巧珍^[14]等在密云水库上游苹果园的研究表明,0~60 cm 土层,土壤含水率滴灌区高于管灌区,这与本文的研究结果一致;60~100 cm 土层,土壤含水率管灌区高于滴灌区,与本研究结果不一致。这可能是因为:试验的灌水量不同和土壤结构不同造成的,其次本试验中沟灌用的灌水沟加大了土壤水分的蒸发面积,也可能是造成沟灌区土壤含水率低于滴灌区的原因。

表 4 不同灌溉方式处理对苹果产量和水分利用效率的影响

Table 4 Effects of different irrigation treatments on yield and water use efficiency of apple trees

灌溉方式 Irrigation treatments	单果重 Weight per apple (kg)	产量 Yield (kg/株)	产量 Yield (kg/hm ²)	耗水量 Water consumption (mm)	水分利用效率 WUE [kg/(mm·hm ²)]
CK	0.219	5.475	15603.75	356.1	43.82
沟灌 Furrow irrigation	0.224	6.496	18513.62	528.9	35.01
膜下沟灌 Furrow irrigation under mulch	0.234	7.020	20007.75	528.9	37.83
滴灌 Drip irrigation	0.232	6.980	19836.45	457.6	43.35
膜下滴灌 Drip irrigation under mulch	0.246	8.010	22828.51	457.6	49.88

2) 覆膜与不覆膜之间比较,膜下滴灌的土壤含水率大于滴灌,膜下沟灌的含水率大于沟灌,通过计算土壤储水量,膜下滴灌的土壤储水量大于滴管,膜下沟灌的储水量大于沟灌,说明覆膜能提高土壤的含水率,减少了水分蒸发,保持了土壤水分。这与郑旭荣在棉花^[15]上的研究结果一致。

3) 沟灌与膜下沟灌之间,滴灌与膜下滴灌之间产量和水分利用效率比较显示,覆膜能提高产量和水分利用效率,这与在棉花^[7]、小麦^[9]和玉米^[10]等大田作物上效果一致。国内外有关学者对地膜覆盖下的土壤温度、水分进行的研究表明,农田地膜覆盖可有效地增加土壤温度,提高降水的入渗率和降水在土壤中的保蓄率,但在苹果园进行覆膜保水措施的研究还很少,因为传统的乔化栽培的方式不易进行覆膜操作,而随着矮化密植、标准化栽培方式的推广应用,树行内地膜覆盖保水也有很大应用前景。因此认为,在渭北黄土高原果园,膜下滴灌是一种集节水和保水于一体的新的水分管理方式。

参 考 文 献:

[1] 翟 衡,史大川,束怀瑞.我国苹果产业发展现状与趋势[J].果树学报,2007,24(3):355—360.

[2] 于金凤,刘文兆,甘卓亭,等.黄土塬区苹果树蒸腾速率变化特征及其影响因子[J].干旱地区农业研究,2010,28(4):45—49.

[3] 杨必仁,赵惠莉.渭北旱塬土壤水分变化特点分析[J].干旱地区农业研究,1997,15(2):80—83.

[4] 王一民,张金珠,弋鹏飞,等.膜下滴灌不同灌溉定额及灌水周期对棉花生长和产量的影响[J].新疆农业科学,2010,47(9):1765—1769.

[5] 王海江,崔 静,侯振安.膜下滴灌棉花干物质积累与耗水量关系研究[J].干旱地区农业研究,2009,27(5):83—87.

[6] 郑旭荣,胡晓棠,李明思,等.棉花膜下滴灌田间耗水规律的试验研究[J].节水灌溉,2000,(5):25—27.

[7] 马富裕,严以绥.棉花膜下滴灌技术理论与实践[M].乌鲁木齐:新疆大学出版社,2002.

[8] 李明思,康绍忠,杨海梅.地膜覆盖对滴灌土壤湿润区及棉花耗水与生长的影响[J].农业工程学报,2007,23(6):49—54.

[9] 孟兆江,贾大林,刘安能,等.调亏灌溉对冬小麦生理机制及水分利用效率的影响[J].农业工程学报,2003,19(4):66—69.

[10] 张 芮,成自勇,李有先.水分亏缺对膜下滴灌制种玉米生长及产量的影响[J].干旱地区农业研究,2009,27(2):125—128.

[11] 逢春浩.土壤水分测定方法的新进展——TDR 测定仪[J].干旱区资源与环境,1994,8(2):69—76.

[12] 孟秦倩,王 健.延安丘陵沟壑区果园土壤储水量动态研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2007,35(11):161—164.

[13] 刘贤赵,宋孝玉.陕西渭北旱源苹果种植分区土壤水分特征研究[J].干旱区地理,2004,27(3):320—326.

[14] 李巧珍,郝卫平,龚道枝,等.不同灌溉方式对苹果园土壤水分动态、耗水量和产量的影响[J].干旱地区农业研究,2007,25(2):128—133.

[15] 郑旭荣,胡晓棠,李明思,等.棉花膜下滴灌田间耗水规律的试验研究[J].节水灌溉,2000,(4):25—27.

Effects of different irrigation patterns on soil water and WUE in Weibei apple orchard

LI Min-min, AN Gui-yang, GUO Yan, ZHAO Zheng-yang

(College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to choose a water-saving and water conservation pattern suitable for Weibei apple orchard, the trees of Shannxi Fuji 6 were used as research materials to study the effects of different types of irrigation on soil water dynamic and soil water storage within 0~1 m soil layer. The results showed that: (1) As for soil water content, drip irrigation under mulch was the highest among 5 treatments, then irrigation under mulch and drip irrigation, the furrow irrigation third, while they were all higher than no-irrigation. (2) After an irrigation on June 15, the soil water content decreased with the increase of days after irrigation, while the fluctuation got smaller in deeper soil layer; the fluctuation of soil water in drip irrigation under mulch and furrow irrigation under mulch was smaller than that in drip irrigation and furrow irrigation. (3) The water content in drip irrigation under mulch was higher than in drip irrigation, while that in furrow irrigation under mulch was higher than in furrow irrigation. (4) The apple yield and WUE in drip irrigation under mulch were higher than in other methods of irrigation. The apple yield and WUE in drip irrigation under mulch were higher than in drip irrigation, and those in furrow irrigation under mulch were higher than in furrow irrigation. In a word, irrigation under mulch could improve soil water content and WUE, and drip irrigation under mulch was a suitable water-saving and water conservation pattern for Weibei apple orchard, which could not only save water, but also maintain higher soil water content.

Keywords: apple; drip irrigation under mulch; soil water content; WUE