



不同秸秆覆盖对猕猴桃园土壤水分的影响

赵英¹,郭旭新¹,杜璇¹,闫小红¹,高志永²,支玉玺³

(1. 杨凌职业技术学院,陕西杨凌 712100;2. 西安理工大学 西北旱区生态水利工程国家重点实验室,
西安 710048;3. 武功县园林工作站,陕西武功 712200)

摘要 为探究秸秆覆盖对猕猴桃园土壤水分的影响,2020—2021年在杨凌猕猴桃园以不覆盖为对照(CK),分别以长度为5 cm,厚度为5、10、15 cm的玉米秸秆(YJ)和小麦秸秆(MJ)为覆盖处理,对猕猴桃生育期10~90 cm土层土壤含水量进行动态测定,分析不同处理的土壤含水量、耗水量及水分利用效率。结果表明:猕猴桃园土壤水分的主要活动层在10~40 cm土层,但10~40 cm土层平均含水量较40~90 cm土层含水量低2.54%~4.65%。与CK相比,各覆盖处理均能提高猕猴桃各生育期内10~90 cm土层的土壤含水量,其中YJ10处理在开花坐果期10~90 cm土层的土壤储水量是CK的249.51%;使40~90 cm土层的土壤含水量在38%以上的天数占果实膨大期总天数的67.8%,保墒能力最强;MJ5处理保墒能力仅次于YJ10。在全生育期内,CK处理的耗水量最大,YJ10处理的耗水量最小且水分利用效率是CK处理的1.33倍,MJ5处理的耗水量仅大于YJ10,二者间无显著差异。陕西关中地区猕猴桃园秸秆覆盖材料首选玉米秸秆,厚度10 cm,次选小麦秸秆,厚度5 cm。

关键词 秸秆覆盖;猕猴桃园;土壤水分

中图分类号 S275.6;S-3

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2022)03-0388-10

猕猴桃含有丰富的维生素C,被誉为“人间仙果”,深受世界人民喜爱。中国是世界最大的猕猴桃生产国,截至2019年底,中国猕猴桃的栽培面积达29.06万hm²,总产量达300万t。陕西猕猴桃产量约占全国产量的40%左右^[1],主要分布在关中地区渭河以南至秦岭北麓^[2]。猕猴桃根系分布较浅,对土壤水分的需求特别敏感,既不耐旱也不耐涝,要求土壤含水量最好保持在田间持水量的65%~75%。随着中国农业节水的不断发展,微喷灌、滴灌等微灌方式在猕猴桃园的应用逐年增加。与传统的地面灌溉相比,微灌湿润土壤深度浅,灌水周期短,节水效果明显,宜成为猕猴桃园的主要灌溉方式^[3]。

秸秆覆盖保墒是一种经济节水的实用技术,在中国大田粮食作物中被广泛应用^[4-7]。秸秆具有明显的保温保墒效果,促进农作物生长,显著提升作物产量和水分利用效率^[8-9]。与对照处理相比,使小麦地0~2 m土层土壤水分增加1%~

23%,产量提升13%~23%,水分利用效率增高24%~33%^[10],使玉米拔节期土壤水分增加48%,水分利用效率达3.0 kg·m⁻²·mm⁻¹^[11]。秸秆覆盖可以影响土壤肥力、微生物及土壤理化性状。秸秆覆盖处理的土壤全氮、有效磷、有机质含量较对照分别增加18.6~38.2 mg·kg⁻¹、5.6~6.5 mg·kg⁻¹和0.6~2.3 g·kg⁻¹^[12],可使0~20 cm土层可溶性有机氮占全氮的比例、水稳定性团聚体数量、活性有机质的数量、生物数量和酶活性增加,改变耕作层细菌群落及细菌的分布结构,降低土壤真菌与细菌比^[13-15]。

陕西猕猴桃主产区也是冬小麦、夏玉米的主要种植区,具有丰富的秸秆资源。近年来,关于秸秆覆盖对枣、苹果等果树土壤水分及产量的影响均有研究^[16-18],但将灌溉与覆盖结合起来应用于果树尤其是猕猴桃上的研究尚未见相关报道。本研究在杨凌五泉镇开展试验,比较分析不同秸秆覆盖对猕猴桃园微灌后土壤水分的影响,筛选出

收稿日期:2021-09-22 **修回日期:**2021-12-10

基金项目:杨凌职业技术学院自然科学研究基金(A2018018);杨凌职业技术学院“博士+高职工”工作室建设项目(BG202001)。

第一作者:赵英,女,副教授,博士,研究方向为节水灌溉技术。E-mail:570473637@qq.com

适宜的秸秆覆盖及覆盖量,从而达到改善土壤墒情、延长灌水周期的效果,落实“节水优先”方针,为当地充分利用秸秆资源促进猕猴桃园的生产提供一定的科学依据和技术指导。

1 材料与方 法

1.1 试验区概况

2020 年 3 月至 2021 年 2 月,在陕西杨凌示范区五泉镇(108°00'E,34°29'N)杨凌丰源农业工程有限公司猕猴桃园内开展试验。该区地处关中平原腹地,海拔高度 431~563 m,属暖温带半湿润大陆性季风气候,年日照时数 2 163.8 h,无霜

期 220 d,年均气温 12.9 ℃,年降水量为 635~663 mm,试验期的降雨量及气象情况见图 1。

试验园区猕猴桃种植面积为 4 000 m²,品种为“徐香”,树龄 8 a,东西行向种植,株行距 2 m×3 m,长期使用滴灌+微喷灌方式灌溉,为方便农事作业,将滴灌管悬挂于猕猴桃园立柱上方两侧 50 cm 处,立柱高度 2 m,每行猕猴桃安装滴灌管 2 行,滴头间距 50 cm,滴头设计流量为 3 L/h,微喷灌毛管在立柱上方沿行向安装,微喷头间距 1 m。平时主要使用滴灌系统灌溉,在夏季高温季节和冬春季节寒冻时采用微喷灌系统降温增湿和防寒防冻。

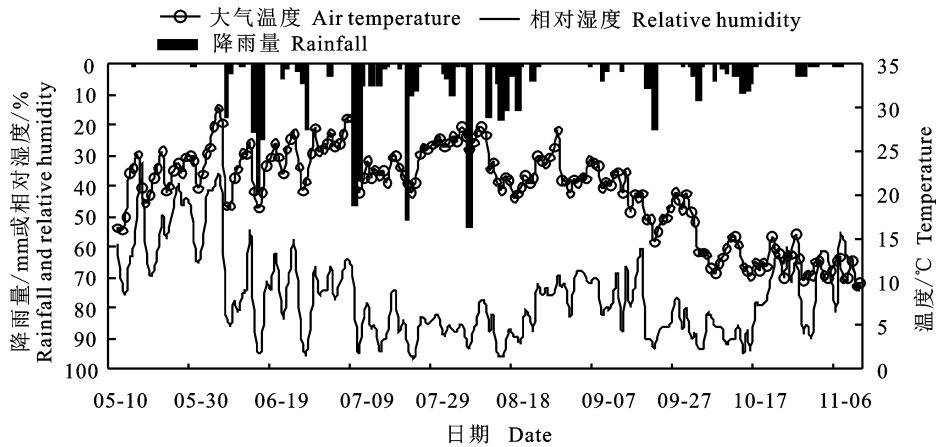


图 1 猕猴桃生育期内基本气象情况

Fig. 1 Basic meteorological conditions during growth period of kiwifruit

1.2 试验设计

试验共设玉米秸秆、小麦秸秆 2 种覆盖材料,用切割机把玉米秸秆和小麦秸秆切割成长度约 5 cm 的小段后覆盖在猕猴桃园地表,覆盖厚度分别设 5、10、15 cm 3 种,共 6 个处理,以不覆盖为对照(CK),每个处理 3 次重复,具体见表 1。

展叶期末(5 月上旬)布设试验。在猕猴桃园中部选取 3 行设置试验小区,每个小区面积 2 m×3 m,沿行向长度 3 m,垂直行向长度 2 m,

在猕猴桃种植行两侧各 1 m,种植有 2 株猕猴桃,为防止灌水和刮风吹散秸秆,每个小区周围用塑料栅栏围挡,栅栏高度 10 cm,小区内按照设计方案覆盖秸秆。相邻处理小区间相隔 2 m。每个小区依据园区植株情况和管理经验进行水肥统一、同步管理。试验期间,共灌水 3 次,每次灌水 3 h,每个小区每次灌水定额 108 L,其余时间依靠降雨补充水分,具体灌水方案如表 2 所示。

表 1 试验处理设置

Table 1 Treatments in this experiment

处理 Treatment	标记 Symbol	处理 Treatment	标记 Symbol
玉米秸秆覆盖 5 cm 厚 Corn straw mulch with 5 cm thickness	YJ5	小麦秸秆覆盖 5 cm 厚 Wheat straw mulch with 5 cm thickness	MJ5
玉米秸秆覆盖 10 cm 厚 Corn straw mulch with 10 cm thickness	YJ10	小麦秸秆覆盖 10 cm 厚 Wheat straw mulch with 10 cm thickness	MJ10
玉米秸秆覆盖 15 cm 厚 Corn straw mulch with 15 cm thickness	YJ15	小麦秸秆覆盖 15 cm 厚 Wheat straw mulch with 15 cm thickness	MJ15
不覆盖(对照)No mulch (CK)	CK		

表 2 试验小区猕猴桃生育期灌溉制度

Table 2 Irrigation schedule in experimental plot during growth period of kiwifruit

灌水次数 Irrigation frequency	灌水时间 Irrigation time	灌水定额/($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$) Irrigation quota	灌溉定额/($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$) Total irrigation quota
1	06-05	180	540
2	06-25	180	
3	07-15	180	

1.3 试验指标测定及计算

1.3.1 土壤水分测定 采用 Diviner 2000 (Sentek, Australia)测定地表下 10~90 cm 土层内的土壤体积含水量。每个小区内,选取 2 株猕猴桃中间点向南侧距离约 50 cm 处测定土壤水分。在覆盖秸秆前,用土钻在水分测定点向下打孔 100 cm,之后在孔中插设一根 100 cm 长度的专用 PVC 管,PVC 管高出地表 10 cm,在管口加盖配套封口盖防止降雨和灌溉水进入管内影响水分测值。此外,在试验地利用烘干法多样点分层测量土壤含水量,并对 Diviner2000 测定的多样点结果进行标定。于 5 月 12 日至 11 月 12 日测定不同处理土壤水分变化情况,测定周期 10 d。

1.3.2 土壤储水量的变化量

$$\Delta W = W_{\text{末}} - W_{\text{始}}$$

$$W_i = 0.1 \times \theta_i \times h_i$$

式中, ΔW 为土壤储水量的变化量,mm; $W_{\text{末}}$ 和 $W_{\text{始}}$ 为某个生育期结束和开始时的土壤储水量,mm; W_i 为第 i 生育期的土壤储水量,mm; θ_i 为第 i 生育期的土壤体积含水量,%; h_i 为第 i 生育期内测定的土层厚度,cm。

1.3.3 耗水量和水分利用效率 猕猴桃在各生育期的耗水量采用水量平衡法来计算,试验区域地势平坦且地下水埋深在 10 m 以下,地表径流和深层渗漏量忽略不计,水量平衡方程简化为下式:

$$ET = P + I - \Delta W$$

式中, ET 为猕猴桃在生育期的耗水量,mm; P 为生育期降雨量,mm; I 为生育期内的灌溉量,mm; ΔW 为土壤储水量的变化量,mm。

水分利用效率采用下式计算:

$$WUE = Y/ET$$

式中, WUE 为猕猴桃的水分利用效率, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$; Y 为猕猴桃的产量,果实成熟后统计各处理实际产量,折合成公顷产量, $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; ET 为猕猴桃在全生育期的耗水量,mm。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2010 (Microsoft, Red-

mond, USA)进行数据整理,利用 SPSS16 (SPSS, Chicago, USA)中单因素方差 (ANVOA)分析不同处理差异,然后用 LSD 法在 0.05 水平进行多重比较,当 $P < 0.05$ 时认为差异达到显著水平,借助 Origin 2016 (OriginLab, Northampton, USA)进行绘图。

2 结果与分析

2.1 不同覆盖处理猕猴桃土壤水分时空动态

图 2 为不同覆盖处理条件下,猕猴桃不同生育期土壤水分的时空动态。图 2 表明,在猕猴桃开花坐果、果实膨大和果实成熟期内,不同处理土壤水分的活动层主要在 10~40 cm 土层,CK 和覆盖 (MJ15、YJ15、MJ10、YJ10、MJ5、YJ5)处理在 10~40 cm 土层土壤水分变异系数的变化范围为 0.11~0.32,而在 40~90 cm 土层土壤水分变异系数仅为 0.07~0.11,7 种处理在 10~40 cm 土层平均含水量较 40~90 cm 土层含水量低 2.54%~4.65%。与 CK 相比,覆盖处理均能够提高 10~90 cm 土层土壤含水量,在开花坐果、果实膨大、果实成熟期,覆盖处理 10~40 cm 土层的土壤含水量分别是 CK 的 1.03~1.09、1.09~1.29 和 1.09~1.27 倍;40~90 cm 土层的土壤含水量分别是 CK 的 1.05~1.11、1.10~1.20 和 1.11~1.18 倍。不同覆盖处理 10~90 cm 土层内保墒效果在猕猴桃的果实膨大期强于开花坐果期和果实成熟期,10~40 cm 土层水分的大小次序为:YJ10 > YJ15 > MJ5 > MJ10 > YJ5 > MJ15;40~90 cm 土层土壤水分的大小次序为:YJ10 > MJ5 > YJ15 > MJ10 > YJ5 > MJ15,其中 YJ15、MJ10、YJ10 和 MJ5 较其他覆盖处理对 40~90 cm 土层保墒明显,但 YJ10 处理的保墒能力最强,该处理使土壤水分维持在 38%以上的天数达 61 d,占果实膨大期总天数的 67.8%。从全生育期看,MJ5 的保墒能力仅次于 YJ10,二者间无显著性差异。

2.2 不同覆盖处理猕猴桃土壤储水量变化

开花坐果期是猕猴桃土壤水分的增加期(表

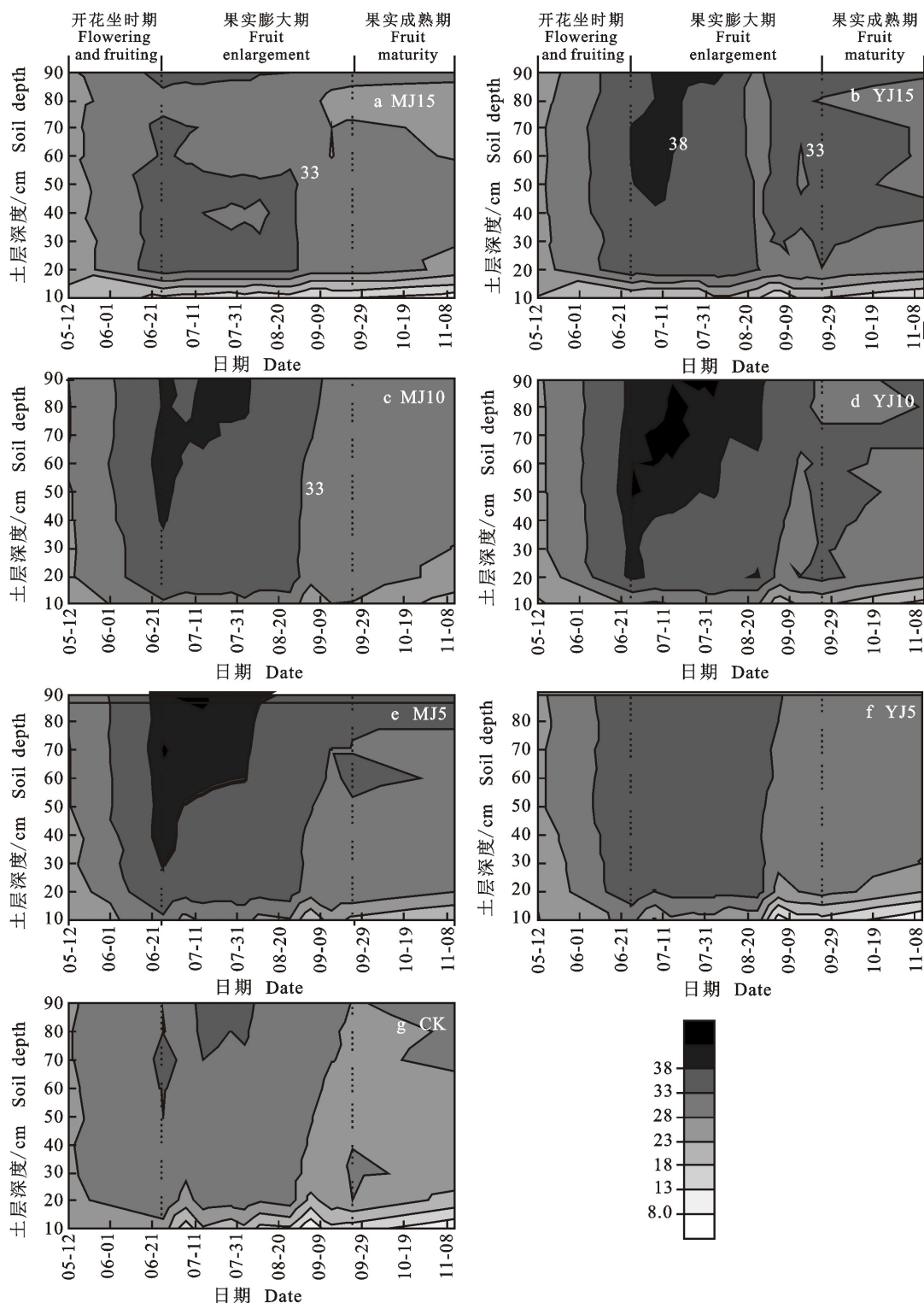


图 2 猕猴桃生育期不同覆盖处理的土壤水分时空动态

Fig. 2 Spatio-temporal dynamics of soil moisture under different mulching treatments during growth period of kiwifruit

3), 7 种处理 10~90 cm 土层储水量的变化量在 44.76~111.68 mm 范围, 其中覆盖处理无论是 10~40 cm 土层还是 40~90 cm 土层土壤储水变化量均高于 CK 处理, 原因在于该生育期内降雨

量大(图 1), 耗水量小(表 4), 覆盖处理拦截并储存了较多的降雨; 覆盖处理在 40~90 cm 土层土壤储水量变化量高于 10~40 cm 土层土壤储水量变化量, 其中 YJ15 处理 40~90 cm 较 10~40 cm

土层土壤储水量变化量最大,可达 33.03 mm;覆盖处理在 10~40 cm 土层或 40~90 cm 土层土壤储水变化量差异并不显著,仅 MY15 在 10~40 cm 或 40~90 cm 土层土壤储水变化量显著低于其他处理($P<0.05$),而 YJ10 在 10~90 cm 土层土壤储水变化量最大,为 111.68 mm。果实膨大期是猕猴桃土壤水分的损失期,猕猴桃果实膨大期损耗 10~90 cm 土层内土壤水分,YJ15 处理分别在 10~40 cm 和 40~90 cm 土层土壤储水量变化量在果实膨大期显著低于其他处理($P<0.05$),仅降低 17.38 和 20.13 mm(表 3)。果实成熟期土壤水分损失在 10~40 cm 土层,除 YJ10 外,其他处理土壤水分的损失量均低于同处理在果实膨大期的损失量。就全生育期 10~90 cm 土层储水量的变化量而言(表 3),CK 处理土壤储水量的变化量最大,较其他处理显著降低了 39.35 mm($P<0.05$),无法满足猕猴桃在整个生育期的需水要求,而 YJ10、YJ15、MJ5 和 MJ10 处理在猕猴桃生育期结束后,分别可使土壤含水量显著增加 27.76、25.85、21.94 和 5.94 mm($P<0.05$)。

2.3 不同覆盖处理猕猴桃耗水量及水分利用效率

不同处理的猕猴桃耗水量见表 4。表 4 表明,在开花坐果期,CK 处理的耗水量最大,该生育期的总耗水量为 110.54 mm,显著高于除 MJ15 处理外的其他处理($P<0.05$),日耗水强度高达 $2.40 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。果实膨大期是猕猴桃的主要耗水期,耗水量为 477.63~507.35 mm,日耗水强度为 $5.64 \sim 5.12 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$,耗水模数为 71.48%~79.45%,土壤储水量的变化量出现负

值(表 4),该生育期内仅依靠降雨和 1 次灌溉已无法满足猕猴桃需水要求,建议在该生育期内适量灌溉,以满足其生育期内水分亏缺,另外,YJ15 处理的耗水量显著低于其他处理($P<0.05$),较 CK 处理少耗 31.51 mm。各处理在果实成熟期的耗水量无显著差异($P>0.05$),耗水强度较果实膨大期降低 $3.38 \sim 3.86 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。在全生育期内,CK 处理的耗水量最大,显著高于 YJ15、YJ10 和 MJ5 处理 65.20、67.10 和 61.28 mm,CK 处理的日耗水强度最大,较其他处理高 $0.17 \sim 0.36 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。与 CK 处理的水分利用效率(WUE)相比,覆盖处理提高了猕猴桃的 WUE(图 3),CK 处理的 WUE 最低,仅为 $2.75 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,YJ10 处理的 WUE 最高,显著高于其他处理($P<0.05$),是其他处理的 1.12~1.33 倍。

3 讨论

本试验结果显示,在猕猴桃全生育期内,CK 的土壤水分损耗高于其他处理(表 4),秸秆覆盖可以显著减少土壤水分棵间蒸发消耗量^[19-20],具有较大的水分截获能力,拦蓄并储存了较多的降雨,不仅影响林冠穿透雨在土壤中的再分配,而且避免了较大雨强的降雨对土表面打击和土壤结构的破坏,增大了土壤入渗能力,降低了产流的可能^[21-22],进而有效提升土壤墒情。其中,小麦秸秆覆盖厚度以 5 cm 保水效果最好,其次为 10、15 cm 厚度效果相对较差;玉米秸秆覆盖厚度则以 10 cm 保水效果最好,其次为 15、5 cm 厚度效果相对较差(表 3)。可能原因在于:小麦秸秆细而

表 3 不同覆盖处理在各生育期内土壤储水量的变化

土层/cm Soil depth	生育期 Growth period	处理 Treatments						
		CK	MJ15	YJ15	MJ10	YJ10	MJ5	YJ5
10~40	开花坐果 Flowering and fruiting	16.53 b	21.13 b	22.47 b	44.67 a	50.21 a	53.97 a	48.73 a
	果实膨大 Fruit enlargement	-32.73 bc	-22.02 b	-17.38 a	-27.47 b	-23.76 b	-36.97 bc	-43.16 c
	果实成熟 Fruit maturity	-25.14 b	-13.30 a	-10.37 a	-24.55 b	-27.77 b	-18.62 b	-28.24 b
40~90	开花坐果 Flowering and fruiting	28.23 b	35.47 b	55.50 a	54.08 a	61.47 a	57.68 a	50.24 a
	果实膨大 Fruit enlargement	-29.29 a	-25.22 a	-20.13 a	-40.72 b	-30.81 a	-31.25 a	-33.78 a
	果实成熟 Fruit maturity	3.04 b	-4.09 b	-4.24 b	-0.06 b	-1.58 b	-2.86 b	5.13 a
10~90	开花坐果 Flowering and fruiting	44.76 c	56.60 bc	77.98 b	98.75 a	111.68 a	111.65 a	98.96 a
	果实膨大 Fruit enlargement	-62.02 b	-47.23 a	-30.51 a	-68.20 b	-54.58 ab	-68.23 b	-76.95 b
	果实成熟 Fruit maturity	-22.09 a	-17.39 a	-21.61 a	-24.61 a	-29.35 a	-21.48 a	-23.11 a
	全生育期 Total periods	-39.35 c	-8.03 b	25.85 a	5.94 b	27.76 a	21.94 a	-1.09 b

注:不同小写字母表示不同处理在同一土层深度同一生育期内差异显著($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters indicate significant differences among treatments at the same depth of soil and during the same growth period ($P<0.05$).

表 4 不同覆盖处理在生育期的耗水量

Table 4 Water consumption of different mulching treatments during growth period of kiwifruit

处理 Treatment	耗水指标 Water consumption index	生育期 Growth period			
		开花坐果 Flowering and fruiting	果实膨大 Fruit enlargement	果实成熟 Fruit maturity	全生育期 Total periods
CK	耗水量/mm Water Consumption	110.54 a	492.42 a	85.89 a	688.85 a
	日耗水强度/(mm·d ⁻¹) Daily water consumption intensity	2.40	5.47	1.75	3.72
	耗水模数/% Water consumption modulus	16.05	71.48	12.47	100.00
MJ15	耗水量/mm Water Consumption	98.70 a	477.63 a	81.19 a	657.53 a
	日耗水强度/(mm·d ⁻¹) Daily water consumption intensity	2.15	5.31	1.66	3.55
	耗水模数/% Water consumption modulus	15.01	72.64	12.35	100.00
YJ15	耗水量/mm Water consumption	77.32 b	460.91 b	85.41 a	623.65 b
	日耗水强度/(mm·d ⁻¹) Daily water consumption intensity	1.68	5.12	1.74	3.37
	耗水模数/% Water consumption modulus	12.40	73.91	13.70	100.00
MJ10	耗水量/mm Water consumption	56.55 bc	498.60 a	88.41 a	643.56 ab
	日耗水强度/(mm·d ⁻¹) Daily water consumption intensity	1.23	5.54	1.80	3.48
	耗水模数/% Water consumption modulus	8.79	77.47	13.74	100.00
YJ10	耗水量/mm Water consumption	43.62 c	484.98 a	93.15 a	621.74 b
	日耗水强度/(mm·d ⁻¹) Daily water consumption intensity	0.95	5.39	1.90	3.36
	耗水模数/% Water consumption modulus	7.01	78.00	14.98	100.00
MJ5	耗水量/mm Water consumption	43.65 c	498.63 a	85.28 a	627.56 b
	日耗水强度/(mm·d ⁻¹) Daily water consumption intensity	0.95	5.54	1.74	3.39
	耗水模数/% Water consumption modulus	6.96	79.45	13.59	100.00
YJ5	耗水量/mm Water consumption	56.34 bc	507.35 a	86.91 a	650.59 a
	日耗水强度/(mm·d ⁻¹) Daily water consumption intensity	1.22	5.64	1.77	3.52
	耗水模数/% Water consumption modulus	8.66	77.98	13.36	100.00

注:不同小写字母表示不同处理在同一生育期内差异显著($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters indicate significant differences among treatments during the same growth period ($P<0.05$).

柔软容易吸水,覆盖过厚(>10 cm)容易使灌水或降雨被秸秆本身吸附而影响进入下层土壤中的水量;玉米秸秆较粗,铺设厚度适宜时,不容易将地表完全覆盖,有利于灌水持续向下入渗,但过厚也会影响水分的下渗率,覆盖过薄则不能很好地阻挡棵间蒸发,难以有效地提高土壤水分含量。党昆等^[23]研究认为,在水稻田中以60%的秸秆还田量最为适宜,可见秸秆覆盖量并不是越多越好。本试验不同覆盖处理的水分利用效率均高于对照,其中 YJ10 处理的 WUE 显著高于其他处理($P<0.05$)。

本研究也表明即使进行秸秆覆盖,也不能满足作物生育期全部需水量,还需要适时补充灌溉,但灌水量能适当减少,较全生育期微灌处理节水量达21.5%(表2,表4)。秸秆覆盖+微灌是猕猴桃园节水增产的有效措施,很适合缺水地区

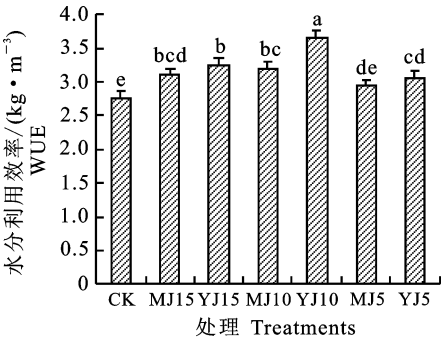


图 3 不同覆盖处理猕猴桃水分利用效率(WUE)

Fig. 3 Water use efficiency (WUE) of kiwifruit under different mulching treatments

使用。

已有研究在冬小麦、棉花、马铃薯、苹果园、枣园等种植田进行秸秆覆盖,结果均表明,秸秆覆盖

能增加土壤的含水量^[24-26]。普雪可等^[27]认为采用地膜和秸秆沟垄双覆盖尤其能提高马铃薯生育关键期(播后 70~90 d)的保水效果,这与该研究的规律相似。本研究显示秸秆覆盖能有效提升猕猴桃果实膨大期这一需水关键期的土壤含水量,但覆盖处理在 40~90 cm 土层土壤储水量变化量高于 10~40 cm 土层土壤储水量变化量(表 3),不同覆盖处理在需水关键期的土壤含水量是 CK 处理的 1.09~1.29 倍(图 2),再次说明秸秆覆盖能有效改善作物需水关键期的土壤水分状况,促进作物的生长,从而影响作物的产量,使覆盖处理对猕猴桃的水分利用效率显著高于 CK 处理(图 3)。

张婷婷等^[28]研究认为,旱作农田有秸秆覆盖的情况下,土壤微生物多样性高且群落稳定,特别是当小麦秸秆还田覆盖度为 50%时,能够使土壤微生物群落保持在较稳定水平。小麦秸秆还田覆盖度为 70%时也对土壤微生物群落多样性有较大正面影响。Indranil 等^[29]在印度恒河三角洲滨海盐碱地开展研究,认为滴灌和秸秆覆盖对番茄的土壤 pH、采后有机碳、氮、磷、钾状况和土壤微生物种群数量以及果实的生化品质参数均有显著影响。猕猴桃园种植覆盖白三叶草和黑麦草等作物也改变了土壤环境因子,影响土壤微生物群落结构组成^[30-32]。秸秆分解速率受土壤含水量影响很大^[33],较大的降雨加速了秸秆的分解,玉米秸秆翻压还田 210 d 后(降雨 425 mm),秸秆残留量达 62.14%,分解率达 $58 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ^[34],随着秸秆的分解,其持水性能和组成成分发生变化,秸秆在分解的过程中不断参与土壤碳氮的形成,土壤有机碳和氮是决定土壤肥力的关键因子^[35-36],秸秆碳对 CO_2 释放的贡献较土壤原有有机碳大,秸秆覆盖 3 年后土壤中的碳氮比较无覆盖处理显著增加了 6.2%,溶解有机碳和氮分别显著增加 21%和 10.5%^[19,37],然而,我们对于秸秆覆盖结合滴灌对猕猴桃园土壤微生物群落、土壤理化性质及土壤肥力在土壤剖面分布运移规律、时空变异特征尚不明确,后续需要进一步试验研究。

4 结 论

4.1 猕猴桃园土壤水分的活动层主要在 10~40 cm 土层,但 10~40 cm 土层平均含水量较 40~90 cm 土层含水量低 2.54%~4.65%;与 CK 相比,在猕猴桃各生育内,覆盖处理(MJ15、YJ15、

MJ10、YJ10、MJ5、YJ5)均能够提高 10~90 cm 土层的土壤含水量。

4.2 开花坐果期是不同处理的储水期,YJ10 在 10~90 cm 土层土壤储水变化量最大,占 CK 的 249.51%;而果实膨大期是猕猴桃的主要耗水期,同时也是覆盖处理保墒效果最为明显期,YJ10 处理的保墒能力最强,使 40~90 cm 土层土壤水分维持在 38%以上的天数占果实膨大期总天数的 67.8%,MJ5 处理的保墒效果仅次于 YJ10。但覆盖处理提升的水分无法满足耗水需求,仍然出现水分亏缺现象。

4.3 就全生育期而言,CK 处理的耗水量最大,可使 10~90 cm 土层的土壤储水量显著降低($P < 0.05$),YJ10 处理的耗水量最小,同时该处理的水分利用效率显著高于其他处理($P < 0.05$),是 CK 处理的 1.33 倍。MJ5 处理的耗水量仅大于 YJ10,二者间无显著性差异。

4.4 陕西关中地区猕猴桃园秸秆覆盖材料首选玉米秸秆,厚度 10 cm,次选小麦秸秆,厚度 5 cm。

参考文献 Reference:

- [1] 李建军. 中国猕猴桃产业发展报告(2020)发布[EB/OL]. [2020-09-25]. <https://news.nwafu.edu.cn/xnxwa2a9454ddfb9458fb5a7ce1640e433a4.htm>.
LI J J. Chinese kiwifruit industry development report (2020) released[EB/OL]. [2020-09-25]. <https://news.nwafu.edu.cn/xnxwa2a9454ddfb9458fb5a7ce1640e433a4.htm>.
- [2] 雷玉山,王西锐,李永武,等. 陕西秦岭北麓猕猴桃产业现状及技术需求分析[J]. 陕西农业科学,2012,58(1):123-125.
LEI Y SH, WANG X R, LI Y W, et al. Current situation and technical requirement analysis of kiwifruit industry in North Foot of Qin Mountains, Shaanxi Province [J]. *Shaanxi Agricultural Science*, 2012, 58(1): 123-125.
- [3] 王 昌. 微灌猕猴桃生长特性与需水规律试验研究[D]. 西安:西安理工大学,2018.
WANG CH. Experimental study on growth characteristic and water requirement pattern of kiwifruit trees under micro-irrigation [D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2018.
- [4] 阎世江,田如霞,柴文臣,等. 秸秆覆盖对越冬茄子生长发育、品质及土壤环境的影响[J]. 东北农业科学,2021,46(5):76-81.
YAN SH J, TIAN R X, CHAI W CH, et al. Effects of straw mulching on soil environment, growth and quality of overwintering eggplant [J]. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 2021, 46(5): 76-81.
- [5] 刘 肖,胡国庆,何红波,等. 连年秸秆覆盖对玉米产量及土壤微生物残体碳积累的影响[J]. 农业工程学报,2020,36(12):117-122.

- LIU X, HU G Q, HE H B, *et al.* Effects of long-term maize stovers mulching on maize yield and microbial necromass carbon accumulation [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2020, 36(12): 117-122.
- [6] 李娜娜, 梁改梅, 池宝亮. 旱地玉米休闲期秸秆覆盖对农田土壤水肥的调控效应[J]. *山西农业科学*, 2021, 49(2): 185-188.
- LI N N, LIANG G M, CHI B L. Study on regulating effect of straw mulching on soil water and fertilizer in dryland maize fallow period [J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2021, 49(2): 185-188.
- [7] 陈晓冰, 韦 灵, 吴 晗, 等. 秸秆覆盖下桂北岩溶区水稻田土壤优先流特征[J]. *水土保持学报*, 2020, 34(5): 124-130.
- CHEN X B, WEI L, WU H, *et al.* The characteristics of preferential flow on straw mulching of paddy field in the Karst region of north Guangxi [J]. *Journal of Soil and Water conservation*, 2020, 34(5): 124-130.
- [8] 马永财, 滕 达, 衣淑娟, 等. 秸秆覆盖还田及其腐解率对土壤温湿度与玉米产量的影响[J]. *农业机械学报*, 2021, 52(10): 90-99.
- MA Y C, TENG D, YI SH J, *et al.* Effects of straw mulching and decomposition rate on soil temperature and humidity and maize yield [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2021, 52(10): 90-99.
- [9] 张丽华, 徐 晨, 于 江, 等. 半湿润区秸秆还田对土壤水分、温度及玉米产量的影响[J]. *水土保持学报*, 2021, 35(4): 299-306.
- ZHANG L H, XU CH, YU J, *et al.* Effects of straw returning on soil moisture, temperature and maize yield in semi humid area [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2021, 35(4): 299-306.
- [10] PENG Z, TING W, HAIXIA W, *et al.* Effects of straw mulch on soil water and winter wheat production in dryland farming[J]. *Scientific Reports*, 2015, 5: 10725.
- [11] LI S Y, LIN H, HAO F, *et al.* Effects of different mulching technologies on evapotranspiration and summer maize growth [J]. *Agricultural Water Management*, 2018, 201(1): 309-318.
- [12] 郑雅婷, 王学春, 胡 瑶, 等. 秸秆还田对梓潼江流域土壤肥力及粮食生产的影响[J]. *西南农业学报*, 2021, 34(7): 1510-1514.
- ZHENG Y T, WANG X CH, HU Y, *et al.* Effects of straw returning on soil fertility and grain production in Zitong river basin [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2021, 34(7): 1510-1514.
- [13] 周子军, 郭 松, 陈 琨, 等. 长期秸秆覆盖对免耕稻-麦产量、土壤氮组分及微生物群落的影响[J/OL]. *土壤学报*, [2021-6-30] <https://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1119.P.20210629.1431.006.html>.
- ZHOU Z J, GUO S, CHEN K, *et al.* Long-term straw mulching affects rice and wheat yields, soil nitrogen fractions, and microbial community under a no-till system[J/OL]. *Acta Pedologica Sinica*, [2021-6-30] <https://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1119.P.20210629.1431.006.html>.
- [14] 胡燕芳, 章明奎. 长期地表秸秆覆盖对果园土壤理化性及有机碳积累的影响[J]. *农学学报*, 2021, 11(7): 37-43.
- HU Y F, ZHANG M K. Long-term straw mulching: effects on soil physical and chemical properties and organic carbon accumulation in orchards [J]. *Journal of Agriculture*, 2021, 11(7): 37-43.
- [15] 潘 晶, 杨 墨, 黄琳丽, 等. 秸秆还田对土壤主要微生物数量、酶活性及细菌群落结构、多样性的影响[J]. *沈阳师范大学学报(自然科学版)*, 2021, 39(3): 266-271.
- PAN J, YANG M, HUANG L L, *et al.* Effects of maize straw returning on main soil microbial quantity, soil enzyme activity and bacteria community structure and diversity [J]. *Journal of Shenyang Normal University (Natural Science Edition)*, 2021, 39(3): 266-271.
- [16] 赵思明, 曹 兵, 万仲武, 等. 园艺地布和秸秆覆盖对枣园土壤温湿度与枣树生长的影响[J]. *核农学报*, 2021, 35(5): 1188-1195.
- ZHAO S M, CAO B, WAN ZH W, *et al.* Effect of garden cloth covering and straw mulching on soil temperature, moisture and jujube growth in jujube orchard [J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2021, 35(5): 1188-1195.
- [17] 陈 凯, 赵乾坤, 陈志成, 等. 秸秆覆盖对苹果树盘水分再分配的影响[J]. *山东农业大学学报(自然科学版)*, 2011, 42(3): 356-360.
- CHEN K, ZHAO Q K, CHEN ZH CH, *et al.* Study on affection to soil moisture redistribution of apple tree planted hole under straw mulching [J]. *Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science)*, 2011, 42(3): 356-360.
- [18] 罗小平, 张素娥, 沈 力, 等. 秸秆覆盖量对鸡心李果园土壤理化性状和果实产量、品质的影响[J]. *浙江农业科学*, 2019, 60(11): 2026-2027.
- LUO X P, ZHANG S E, SHEN L, *et al.* Effects of straw mulching on soil physical and chemical properties, fruit yield and quality in Jixin Plum orchard[J]. *Zhejiang Agricultural Sciences*, 2019, 60(11): 2026-2027.
- [19] DONG Q G, YANG Y CH, YU K, *et al.* Effects of straw mulching and plastic film mulching on improving soil organic carbon and nitrogen fractions, crop yield and water use efficiency in the Loess Plateau, China[J]. *Agricultural Water Management*, 2018, 201: 133-143.
- [20] LI S X, WANG Z H, LI S Q, *et al.* Effect of plastic sheet mulch, wheat straw mulch, and maize growth on water loss by evaporation in dryland areas of China[J]. *Agricultural Water Management*, 2013, 116(2): 39-49.
- [21] IM S, LEE Q, LEE E J, *et al.* Estimating Litter Interception Capacity of the Forest Floor- a Laboratory Experiment, April 12-17, 2015[C]. Vienna: EGU General As-

- sembly, 2015.
- [22] PUTUHENA W M, CORDERY I. Estimation of interception capacity of the forest floor[J]. *Journal of Hydrology*, 1996, 180(1-4): 283-299.
- [23] 党 昆, 陈 伟, 张洪洪, 等. 秸秆还田和地膜覆盖对稻区土壤理化性质及水稻产量的影响[J]. *东北农业科学*, 2021, 46(4): 11-16.
- DANG K, CHEN W, ZHANG H Q, *et al.* Soil research mechanism of combining straw returning with plastic film mulching to increase rice yield [J]. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 2021, 46(4): 11-16.
- [24] ZHANG Y Q, WANG J D, DONG SH H, *et al.* Straw mulching improves soil water content, increases flag leaf photosynthetic parameters and maintains the yield of winter wheat with different irrigation amounts[J]. *Agricultural Water Management*, 2021, 249.
- [25] 张金珠, 王振华, 虎胆·吐马尔白. 干旱区秸秆覆盖对滴灌棉花生长及产量的影响[J]. *排灌机械工程学报*, 2014, 32(4): 350-355.
- ZHANG J ZH, WANG ZH H, HU D·T. Effect of straw mulching on growth and yield of cotton under drip irrigation in arid area [J]. *Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering*, 2014, 32(4): 350-355.
- [26] 张统帅, 闫丽娟, 李 广, 等. 免耕和秸秆覆盖对旱作区土壤氮素、水分和春小麦产量的影响[J]. *浙江农业学报*, 2020, 32(8): 1329-1341.
- ZHANG T SH, YAN L J, LI G, *et al.* Effects of no tillage and straw mulching on soil nitrogen, water content and yield of spring wheat in dryland farming area [J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2020, 32(8): 1329-1341.
- [27] 普雪可, 吴春花, 周永瑾, 等. 宁南旱区地膜秸秆沟垄双覆盖对土壤水分时空变化及马铃薯产量的影响[J]. *草业学报*, 2020, 29(10): 149-160.
- PU X K, WU CH H, ZHOU Y J, *et al.* Effect of dual-mulching of furrow and ridge with plastic film and straw on temporal and spatial changes of soil moisture and potato yield in dry-farming areas of southern Ningxia [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2020, 29(10): 149-160.
- [28] 张婷婷, 王丽芳, 张德健, 等. 不同小麦秸秆还田覆盖度对旱作农田土壤微生物群落多样性的影响[J]. *北方农业学报*, 2021, 49(1): 77-87.
- ZHANG T T, WANG L F, ZHANG D J, *et al.* Effect of different wheat straw return coverage on the diversity of soil microbial communities in dry farmland [J]. *Journal of Northern Agriculture*, 2021, 49(1): 77-87.
- [29] INDRANIL S, MILAN S, SUKAMAL S, *et al.* Yield response, nutritional quality and water productivity of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) are influenced by drip irrigation and straw mulch in the coastal saline ecosystem of ganges delta, india [J]. *Sustainability*, 2020, 12 (17): 6779.
- [30] 李青梅, 张玲玲, 刘红梅, 等. 覆盖作物多样性对猕猴桃园土壤微生物群落功能的影响[J]. *农业环境科学学报*, 2020, 39(2): 351-359.
- LI Q M, ZHANG L L, LIU H M, *et al.* Effects of cover crop diversity on soil microbial community functions in a kiwifruit orchard [J]. *Journal of Agro Environment Science*, 2020, 39(2): 351-359.
- [31] 李青梅, 张玲玲, 赵建宁, 等. 覆盖作物不同利用方式对猕猴桃园土壤微生物群落结构的影响[J]. *农业资源与环境学报*, 2020, 37(3): 319-325.
- LI Q M, ZHANG L L, ZHAO J N, *et al.* Effects of different cover crop treatments on soil microbial community composition in kiwifruit orchard [J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2020, 37(3): 319-325.
- [32] 张玲玲, 李青梅, 贾梦圆, 等. 覆盖作物对猕猴桃园土壤氨氧化微生物丰度和群落结构的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2021, 27(3): 417-428.
- ZHANG L L, LI Q M, JIA M Y, *et al.* Effects of cover crops on gene abundance and community structure of soil ammonia-oxidizing microorganism in a kiwifruit orchard [J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2021, 27(3): 417-428.
- [33] 左玉萍, 贾志宽. 土壤含水量对秸秆分解的影响及动态变化[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2004, 32(5): 61-63.
- ZUO Y P, JIA Z K. Effect of soil moisture content on straw decomposing and its dynamic changes[J]. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry*, 2004, 32(5): 61-63.
- [34] 余 坤, 冯 浩, 赵 英, 等. 氨化秸秆还田加快秸秆分解提高冬小麦产量和水分利用效率[J]. *农业工程学报*, 2015, 31(19): 103-111.
- YU K, FENG H, ZHAO Y, *et al.* Ammoniated straw incorporation promoting straw decomposition and improving winter wheat yield and water use efficiency[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2015, 31(19): 103-111.
- [35] MONACO S, HATCH D J, SACCO D, *et al.* Changes in chemical and biochemical soil properties induced by 11-yr repeated additions of different organic materials in maize-based forage systems[J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2008, 40(3): 608-615.
- [36] ZHAO X, WU P, GAO X, *et al.* Soil quality indicators in relation to land use and topography in a small catchment on the loess plateau of China[J]. *Land Degradation & Development*, 2015, 26(1): 54-61.
- [37] ZHU L X, XIAO Q, SHEN Y F, *et al.* Effects of biochar and maize straw on the short-term carbon and nitrogen dynamics in a cultivated silty loam in China[J]. *Environmental Science & Pollution Research*, 2017, 24(1): 1-11.

Effect of Different Straw Mulching on Soil Moisture of a Kiwifruit Orchard

ZHAO Ying¹, GUO Xuxin¹, DU Xuan¹, YAN Xiaohong¹,
GAO Zhiyong² and ZHI Yuxi³

(1. Department of Water Conservancy, Yangling Vocational & Technical College, Yangling Shaanxi 712100, China;

2. State Key Laboratory of Eco-hydraulics in Northwest Arid Region of China, Xi'an University of Technology,

Xi'an 710048, China; 3. Wugong County Landscaping Station, Wugong Shaanxi 712200, China)

Abstract field experiment was conducted to explore the effect of different straw mulching on soil moisture of a kiwifruit orchard, nomulching treatment was taken as control in the kiwifruit orchards in Yangling during 2020–2021, six experimental treatments, including corn straw mulching (YJ) and wheat straw mulching (MJ) with length of 5 cm and thicknesses of 5, 10 and 15 cm (i. e., YJ5, YJ10, YJ15, MJ5, MJ10, and MJ15, respectively) were compared with the control treatment (CK) to evaluate the effect of different straw mulching on soil moisture of a kiwifruit orchard. Soil moisture content at 10–90 cm depths of soil during the kiwifruit growth period was dynamically monitored. Soil moisture content, water consumption and water use efficiency under different mulching treatments were analyzed. The results showed that the active soil water layer was mainly at 10–40 cm depths, but the average soil water content at 10–40 cm depths of soil was 2.54%–4.65% lower than that at 40–90 cm depths of soil. Compared with CK, all mulching treatments increased soil water content at 10–90 cm depths of soil in each growth period of kiwifruit. At the flowering and fruit-setting stages, soil water storage of YJ10 was 249.51% of CK at 10–90 cm depths of soil. During the fruit expansion period, soil moisture at 40–90 cm depths of soil was maintained above 38%, accounting for 67.8% of the time in YJ10 treatment, which was the best performance of all treatments in terms of soil moisture preservation. The soil moisture preservation ability of MJ5 was second only to YJ10. During the whole growth period, CK showed the highest water consumption, while YJ10 showed the lowest water consumption, the water use efficiency of YJ10 was 1.33 times of CK. The water consumption of MJ5 was only greater than that of YJ10, and there was no significant difference between them. The results of this study showed that the first choice of straw mulching material for kiwifruit orchards in the Guanzhong area of Shaanxi was corn straw with thickness of 10 cm, and the second choice was wheat straw with thickness of 5 cm.

Key words Straw mulching; Kiwifruit orchard; Soil moisture

Received 2021-09-22

Returned 2021-12-10

Foundation item Natural Science Research Fund of Yangling Vocational and Technical College (No. A2018018); Construction Project for “Doctor + Students from Vocational and Technical Colleges” Workroom, Yangling Vocational and Technical College (No. BG202001).

First author ZHAO Ying, female, associate professor, Ph. D. Research area: water-saving irrigation technology. E-mail: 570473637@qq.com

(责任编辑: 成 敏 Responsible editor: CHENG Min)