



覆盖方式对干热河谷区枣园土壤温度和树体 光合特性及果实品质的影响

刘 博¹,黄华梨²,王多锋²,张 瑞¹,张夏焱¹,刘 兵¹,王延秀¹

(1. 甘肃农业大学 园艺学院,兰州 730070;2. 甘肃省林业科学研究院,兰州 730070)

摘 要 为研究不同覆盖方式对枣园土壤温度、树体光合特性及果实品质的影响,设置清耕(CK)、人工种植花生(T_1)、黑麦草(T_2)、树枝秸秆碎屑(T_3)、人工种植黄豆(T_4)、黑膜(T_5)6种土壤管理模式处理,采用主成分分析综合评价,筛选最佳土壤管理方式。结果表明:7月份,与CK相比,各处理对不同土层土壤温度均有明显的降温作用,在5cm土层, T_4 分别较 T_2 、 T_5 、CK降低2.87%、10.96%、12.77%,而 T_5 较明显地增加土层土壤温度。不同覆盖方式均不同程度地提高叶片净光合速率, T_4 处理最为显著,在6、7、8月份较CK分别提高21.67%、40.05%、36.08%;且 T_4 处理对维生素含量、可溶性糖含量、枣果横径的影响显著高于其他处理,较CK分别增加25.00%、10.70%、9.45%。对16个指标进行相关性分析与主成分分析,提取3个主成分后的综合分析结果表明,不同覆盖方式对枣树的效果为 $T_4 > T_1 > T_5 > T_3 > T_2 > CK$ 。综上所述,采用人工种植黄豆覆盖处理是促进甘肃白龙江干热河谷区枣园最佳的土壤管理方式。

关键词 骏枣;不同覆盖方式;土壤温度;光合参数;果实品质;相关性分析

中图分类号 S665.1

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2021)03-0377-09

枣(*Ziziphus jujuba* Mill)为鼠李科枣属植物,在中国已有3000多年栽培史,是西北地区发展节水型果业的首选树种。甘肃省具有悠久的枣树栽培历史,其境内的黄河流域、黑河流域、白龙江河谷流域是重要的枣树栽培基地^[1]。其中,白龙江干热河谷区域是甘肃枣树成熟最早的区域,且该地区处于亚热带向暖温带的过渡区,夏季高温干燥,空气湿度低,果园地表温度过高,坡面蓄水抑蒸保墒效果差,枣树易灼伤,严重影响枣果品质^[2],因此研究耕作措施对解决该地区枣树生产中面临的问题具有重要的意义。

通过对果园地面实施免耕、覆盖等保护性耕作措施,能提高土壤蓄水保墒能力、培肥地力,减少水土流失^[3-5]。目前,众多研究主要集中在薄膜覆盖^[6]、秸秆覆盖^[7]、生草覆盖^[8]等方面。安六世^[9]在半干旱地区梨园研究中发现覆盖玉米秸秆可有效降低土壤表层温度,提高土壤含水量。Odjugo^[10]在黄薯种植的研究中指出,通过膜覆盖能够明显提高土壤温度和含水量,而秸秆覆盖具

有减少水分散失、平抑地温变幅的效果。Wu等^[11]在石楠林土壤的研究中也发现地膜覆盖可以提高地表温度,减少土壤水分散失;而杂草覆盖、枝叶覆盖和生草覆盖则在降低地表温度的同时减少土壤水分散失。鄢铮等^[12]通过覆盖方式对马铃薯光合特性的影响研究表明,秸秆覆盖和地膜覆盖均能提高叶片净光合速率(P_n),增加地上部干物质积累。周江涛等^[13]研究发现,覆盖能降低苹果果实的可滴定酸含量,提高单果质量、可溶性固形物含量和维生素C含量。因此,不同土壤适宜的覆盖方式不同,且同一覆盖方式在不同土壤上效应不同。近年来,国内外学者对覆盖措施的研究主要集中在小麦^[14]、枸杞^[15]和玉米^[16]等大田作物及葡萄^[17]、苹果^[18]等果树上,但对干热河谷区的枣园的土壤温度、树体光合参数及果实品质的研究鲜见报道,值得深入探讨。

本研究以高接换优的‘骏枣’为试验材料,研究不同覆盖方式与枣园土壤温度、树体光合特性及果实品质之间的关系,以期筛选出最佳枣园土

收稿日期:2020-10-12 修回日期:2020-11-24

基金项目:中央财政林业科技推广项目(2018ZYTG4);甘肃省省级财政林业项目(2125)。

第一作者:刘 博,女,硕士研究生,研究方向为果树栽培生理与技术。E-mail:1152092685@qq.com

通信作者:王延秀,女,博士,教授,硕士生导师,主要从事果树栽培生理与技术研究。E-mail:wangxy@gsau.edu.cn

黄华梨,男,高级工程师,主要从事经济林和自然保护管理与研究。E-mail:1354355881@qq.com

壤管理方式,为甘肃省白龙江干热河枣园管理提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于2019年3月至9月在甘肃省文县尚德镇横丹村进行。该地处东经 $104^{\circ}16'16''\sim 105^{\circ}27'29''$,北纬 $32^{\circ}35'43''\sim 33^{\circ}20'36''$,属亚热带北缘山地气候,平均气温 14.9°C ,无霜期250~310 d,降水量400~1 000 mm,年平均日照数1 200~1 800 h,无霜期250~310 d,具有夏无酷暑,冬无严寒的气候特点。

1.2 试验设计

以‘骏枣’为试验品种,当地‘圆枣’为砧木,栽植密度为 $2\text{ m}\times 4\text{ m}$,高接换优‘骏枣’8 a,离地30 cm处主干直径达到25 cm,每列种植6株。

试验分为6种处理,分别为人工种植花生(T_1)、黑麦草(T_2)、树枝秸秆碎屑(T_3)、人工种植黄豆(T_4)、黑膜(T_5)及对照CK(清耕栽培)。2019年3月底浇水,4月初种黑麦草、花生和黄豆,覆树枝秸秆碎屑和黑膜,12月初揭膜,清理秸秆碎屑。树枝秸秆碎屑覆盖:材料铡成长度为15 cm左右的短节,均匀铺在枣园土壤表面,覆盖厚度20 cm,第一次要用土壤压实固定,以防风刮或失火;覆黑膜:采用厚度为0.012 mm,宽度为120 cm规格的地膜;覆盖黑麦草:用打草机将黑麦草打碎后覆盖于土壤表面,用量为 $1.5\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 。每个处理分为3行,每行6棵树,于2019年5月—11月的25日—28日进行试验测定及数据采集。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 枣园土壤温度 土壤温度:5—8月,用曲管地温计每10 d实时测定温度日变化,测定时间为8:00—18:00,每隔2 h记录1次数据。

1.3.2 叶片光合指标 光合参数测定日期为2019年5月到8月份中旬(晴天)上午(9:00—11:00)。采用便携式光合作用系统(Li-6400 USA)测定叶片光合参数,包括净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)和胞间 CO_2 浓度(C_i),测定系统采用开放式气路;分别在树冠的四个方位的外围选取叶片,保持叶片自然的伸张角度,确保选取生长力强且没有发生病虫害的叶片,各处理3个重复,待数据稳定后读取6组数据。

1.3.3 果实品质 在2019年10月初果实采收

季节,随机采收试验树上成熟果实,测定果实相关指标,每个处理重复3次。维生素C(Vc)采用2,6-二氯酚靛酚测定;可溶性糖采用蒽酮试剂法测定^[19];用氢氧化钠酸碱中和测定可滴定酸;可溶性蛋白用考马斯亮蓝法测定^[20];使用电子天平分别称单果质量、单核质量;枣果的纵横径采用游标卡尺进行测量;使用电子天平称量果肉的湿质量,之后将果肉和培养皿整体放入烘箱中,在适宜的环境下烘24 h,取出后冷却至室温,称其干质量;枣果含水率= $1 - \text{干质量}/\text{湿质量}\times 100\%$;可食率= $\text{果肉质量}/\text{果实质量}\times 100\%$ 。

1.4 数据处理与分析

用Microsoft office excel 2013及Origin 2017进行数据处理及作图,采用SPSS 22.0单因素ANOVA的LSD比较差异的显著水平($\alpha = 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同覆盖方式对枣园不同土层温度的影响

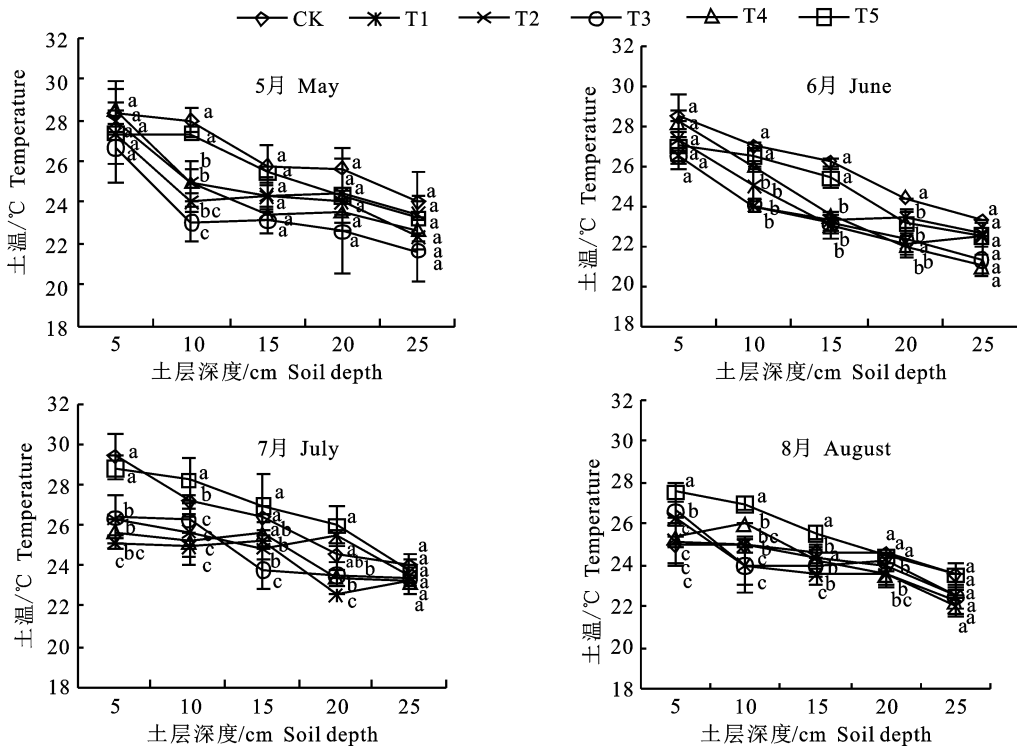
不同覆盖处理对枣园土壤温度的影响不同,由图1可以看出,相较于15~25 cm土层而言,5~10 cm土层土壤温度变化幅度最为明显,随着土壤深度的加深,不同处理对土壤温度的影响逐渐降低。在土层5 cm处,7月份,各覆盖处理土壤温度由高到低分别为CK(29.44°C)、 T_5 (28.84°C)、 T_3 (26.44°C)、 T_2 (26.44°C)、 T_4 (25.68°C)和 T_1 (25.13°C),其中 T_4 、 T_1 比 CK_1 、 T_3 (T_2)、 T_5 的土壤温度分别下降12.77%、10.96%、2.87%和14.64%、4.95%、12.86%;8月份土温从高到低依次为 T_5 、 T_3 、 T_2 、 T_4 、 T_1 和CK,分别为 27.59°C 、 26.66°C 、 26.23°C 、 25.37°C 、 25.20°C 和 25.00°C ,各覆盖处理均高于CK,其中 T_5 显著高于其他处理。

7月份10 cm土层土温从高到低依次为 T_5 、CK、 T_3 、 T_2 、 T_4 、 T_1 分别是 28.22°C 、 27.19°C 、 26.22°C 、 25.66°C 、 25.24°C 和 25.00°C , T_5 分别较 T_3 、 T_2 、 T_4 、 T_1 高7.63%、9.98%、11.80%和12.88%;15 cm土层土温 T_5 (27.00°C)、CK(26.35°C)显著高于 T_3 (23.84°C),分别高13.26%和10.53%;20 cm土层土温 T_5 (26.00°C)显著高于 T_1 (22.57°C)、 T_3 (23.58°C)和 T_4 (23.44°C),分别高15.20%、10.26%和10.92%。

总体上,较CK而言,各覆盖处理均降低土壤

温度,对土壤有明显的降温作用,其中7~8月份, T_5 处理的土壤温度较高;且随着土层深度的增

加,变化幅度逐渐减缓,有效平抑了高温干燥季节对土壤温度的波动。



误差线为标准差,不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同

Error bars represent standard deviation, different lowercase letters indicate significant differences at the 0.05 level. The same below

图 1 不同覆盖方式下不同土层土壤平均温度

Fig. 1 Average temperature of different soil layer under different mulching

2.2 不同覆盖方式对树体光合特性的影响

图 2 表明,各覆盖处理不同程度地提高了叶片的 P_n 、 G_s 、 T_r ,随着月份的推移,枣树叶片的 P_n 、 G_s 、 T_r 均呈先升后降的趋势。较 CK 而言,7 月份 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 处理的 P_n 分别增加 27.43%、3.59%、13.63%、40.05%、5.19%, T_2 、 T_5 处理的 G_s 分别增加 50.76%、74.29%, T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_5 处理下 T_r 分别增加 65.47%、22.51%、40.93%、26.89%。8 月份时,各覆盖处理的 P_n 、 G_s 、 T_r 含量逐渐降低,且均高于 CK;相比 CK, P_n 在 T_2 处达到最高值,且增加 47.61%; T_r 在 T_1 处理处达到最高值,相比 CK、 T_2 分别增加了 52.98%、20.18%。总体上,各覆盖处理中以 T_4 处理 P_n 升高最为明显,在 6、7、8 月份较 CK 显著提高 21.67%、40.04%和 36.08%。

图 2 可得, C_i 的变化趋势与 P_n 相反,随 P_n 升高 C_i 递减,各月份不同覆盖处理下的叶片 C_i 均低于 CK。7 月份时, T_4 处理达到最低值,且显著低于 CK、 T_1 、 T_2 、 T_3 和 T_5 ,分别降低 49.67%、

20.15%、45.27%、33.36%。8 月份在 CK 处达最高值,显著高于 T_1 、 T_3 、 T_4 ,相比 CK, T_1 、 T_3 、 T_4 分别降低 31.92%、21.12%、39.74%。

2.3 不同覆盖方式对枣果果实品质的影响

不同覆盖方式对果实内在品质的影响如表 1 所示。覆盖处理的维生素 C 含量最高,为 $0.25 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,CK 处理的维生素 C 含量最低,为 $0.20 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,与 CK 相比, T_1 、 T_2 、 T_4 分别显著增加 $0.04 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 、 $0.03 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 、 $0.05 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,增幅分别为 20.00%、15.00%、25.00%。 T_1 、 T_2 、 T_4 处理的可溶性糖含量显著高于 T_3 、 T_5 和 CK,且 T_4 可溶性糖含量最高 (14.57%),是 CK 的 1.19 倍。与 CK 相比, T_2 、 T_3 、 T_5 的枣果含水率分别显著下降 6.85%、6.56%和 6.91%。枣园覆盖中 T_4 处理显著提高了果实的可溶性糖和维生素 C 含量,但 T_3 和 T_5 的枣果相比于 CK 则没有显著性差别。同样,各处理之间蛋白质含量和可滴定酸含量无显著差异,说明 T_1 、 T_2 和 T_4 对枣果的维生素 C 含量、可溶性糖含量影响显著。

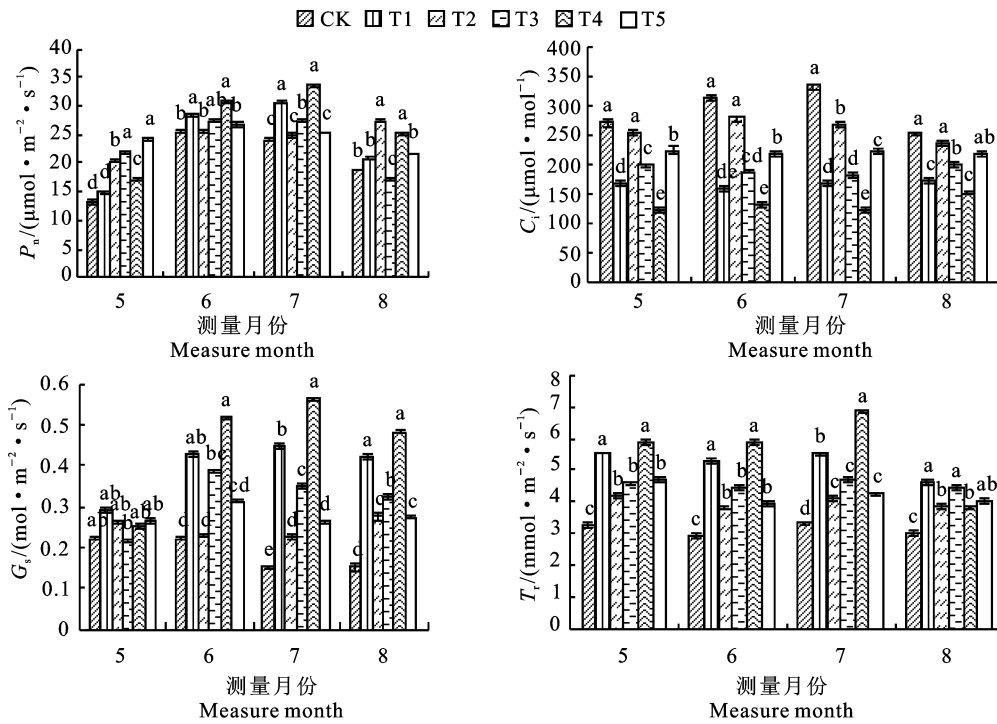


图 2 不同覆盖方式叶片光合生理学参数

Fig. 2 Photosynthetic and physiological parameters of leaves under different mulching methods

表 1 不同覆盖方式果实内在品质指标 ($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Fruit inner quality under different mulching methods

处理 Treatment	维生素 C 含量/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) Vitamin C content	可溶性糖含量/% Soluble sugar content	可滴定酸含量/% Titratable acid content	蛋白质含量/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) Protein content	含水率/% Water content
CK	0.20 ± 0.02 b	12.24 ± 2.86 b	0.56 ± 0.30 a	1.24 ± 0.24 a	61.47 ± 8.46 a
T ₁	0.24 ± 0.08 a	14.55 ± 2.75 a	0.58 ± 0.15 a	1.31 ± 0.24 a	59.36 ± 5.36 a
T ₂	0.23 ± 0.06 a	14.32 ± 2.52 a	0.57 ± 0.70 a	1.22 ± 0.53 a	57.26 ± 6.47
T ₃	0.23 ± 0.06 b	13.33 ± 2.53 b	0.56 ± 0.35 a	1.35 ± 0.29 a	57.44 ± 5.36 b
T ₄	0.25 ± 0.02 a	14.57 ± 2.46 a	0.58 ± 0.25 a	1.32 ± 0.15 a	60.42 ± 10.35 a
T ₅	0.21 ± 0.01 b	13.55 ± 2.22 b	0.60 ± 0.20 a	1.25 ± 0.36 a	57.22 ± 6.36 b

注:同列后不同小写字母表示在($P < 0.05$)水平上差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters within the same columns indicate significant difference at $P < 0.05$ level. The same below.

如表 2 所示, T₄ 处理枣果横径、纵径、单果质量、可食率较高,分别为 30.82 mm、33.08 mm、18.37 g 和 97.67%,均高于其他处理。对制干率影响从大到小依次为 T₁ (36.80%)、T₄ (36.58%)、T₅ (35.64%)、CK (35.41%)、T₂ (34.29%)和 T₃ (34.00%),相比 CK, T₂、T₃ 分别降低 7.32%、8.24%。由此可得 T₄ 对枣果的横径、制干率有显著影响。与此不同,相对于 CK,不同处理后的枣果纵径、单果质量、单核质量、可食率均无显著性差异。

综上所述,较 CK 而言,各覆盖处理均显著提高枣果维生素含量、可溶性糖含量、枣果横径,其中 T₄ 处理最为明显,较 CK 分别增加 25.00%、

10.70%、9.45%。

2.4 不同覆盖方式光合速率和各项指标相关性分析

为综合评价不同覆盖方式对枣树微域环境及树体光合特性的影响,将 16 个指标进行相关性分析,得到相关系数矩阵如表 3。可以看到不同覆盖方式下 P_n 与 C_i 呈显著负相关($P < 0.05$); P_n 与维生素 C 含量、枣果横径呈正相关($P < 0.05$),其中与 G_s 、 T_r 、枣果纵径呈极显著正相关($P < 0.01$)。

2.5 主成分分析

表 4 为主成分分析对相关指标的综合评价,提取特征值大于 1 的 3 个主成分,其特征值分别

表 2 不同覆盖方式果实外观品质指标($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Fruit appearance quality under different mulching methods

处理 Treatment	枣果横径/mm Jujube fruit diameter	枣果纵径/mm Jujube fruit vertical diameter	单果质量/g Single fruit mass	单核质量/g Single nuclear mass	制干率/% Dried rate	可食率/% Edible rate
CK	28.16±4.27 b	31.71±6.37 a	16.75±2.48 a	0.48±0.36 a	35.41±5.34 ab	97.46±22 a
T ₁	30.61±5.56 a	32.73±6.28 a	18.07±2.55 a	0.53±0.25 a	36.80±4.62 a	97.37±39 a
T ₂	28.60±5.27 b	31.89±5.32 a	17.20±3.58 a	0.52±0.16 a	34.29±6.47 b	97.25±12 a
T ₃	28.20±4.48 b	32.56±5.37 a	18.35±1.47 a	0.54±0.36 a	34.00±11.35 b	97.36±77 a
T ₄	30.82±5.48 a	33.08±6.44 a	18.37±2.47 a	0.56±0.28 a	36.58±7.36 a	97.67±19 a
T ₅	29.73±4.28 ab	32.11±5.37 a	16.54±2.61 a	0.53±0.17 a	35.64±3.57 ab	96.36±13 a

表 3 枣树在不同覆盖方式下与土壤温度、光合特性和果实品质的相关性

Table 3 Correlation of different photosynthetic rates, soil temperature and fruit quality in jujube

指标 Index	P_n	G_s	C_i	T_r	土壤温度 Soil temperature	维生素 C 含量 Vitamin C content	可溶性糖含量 Soluble sugar content	可滴定酸含量 Titratable acid content	蛋白质含量 Protein content	含水率 Water content	枣果横径 Jujube fruit vertical diameter	枣果纵径 Jujube fruit diameter	单果质量 Single fruit mass	单核质量 Single nuclear mass	制干率 Dried rate
G_s	0.987 **														
C_i	-0.893 *	-0.953 **													
T_r	0.985 **	0.991 **	-0.929 **												
土壤温度 Soil temperature	-0.104	-0.135	0.153	-0.100											
维生素 C 含量 Vitamin C content	0.869 *	0.892 *	-0.854 *	0.894 *	-0.516										
可溶性糖含量 Soluble sugar content	0.688	0.727	-0.731	0.748	-0.375	0.873 *									
可滴定酸含量 Titratable acid content	0.205	0.260	-0.36	0.284	0.579	0.071	0.424								
蛋白质含量 Protein content	0.700	0.745	-0.785	0.668	-0.270	0.607	0.252	-0.140							
含水率 Water content	0.295	0.147	0.131	0.170	0.315	-0.054	-0.270	-0.292	0.040						
枣果横径 Jujube fruit vertical diameter	0.814 *	0.806	-0.740	0.819 *	0.249	0.628	0.732	0.682	0.312	0.185					
枣果纵径 Jujube fruit diameter	0.960 **	0.986 **	-0.968 **	0.960 **	-0.157	0.859 *	0.651	0.207	0.842 *	0.101	0.733				
单果质量 Single fruit mass	0.804	0.824 *	-0.795	0.780	-0.570	0.861 *	0.526	-0.270	0.881 *	0.071	0.360	0.866 *			
单核质量 Single nuclear mass	0.767	0.852 *	-0.948 **	0.853 *	-0.176	0.822 *	0.748	0.397	0.657	-0.336	0.625	0.861 *	0.697		
制干率 Dried rate	0.655	0.584	-0.426	0.591	0.455	0.314	0.379	0.521	0.167	0.565	0.875 *	0.509	0.152	0.217	
可食率 Edible rate	0.487	0.394	-0.175	0.400	-0.501	0.495	0.123	-0.704	0.392	0.615	0.020	0.377	0.655	0.051	0.115

注: * 在 0.05 水平上显著相关; ** 在 0.01 水平上显著相关。下同。

Note: * indicates significant difference at 0.05 level, ** indicates significant difference at 0.01 level. The same below.

表 4 主成分分析旋转后的成分载荷矩阵

Table 4 Principal component analysis of component load matrix after rotation

指标 Item	特征根 Eigen value	方差贡献率/% Proportion of variance	累计方差贡献率/% Cumulative variance
PC1	9.447	59.045	59.045
PC2	3.118	19.490	78.535
PC3	2.239	13.993	92.528

为 9.447、3.118、2.239, 3 个主成分累计方差达到 92.528%, 说明提取的主成分涵盖了绝大多数指标的信息。根据主成分分析得出, 第一主成分(PC1)主要综合了 P_n 、 G_s 、 T_r 、维生素 C、可溶性糖、蛋白质含量、枣果横径、枣果纵径、单果质量、

单核质量指标的信息; 第二主成分(PC2)综合了可滴定酸、土壤温度指标的信息, 第三主成分(PC3)代表含水量、制干率、 C_i 的指标信息。

综合得分: $F = F_1 \times 59.045\% + F_2 \times 19.490\% + F_3 \times 13.993\%$, F_1 , F_2 , F_3 分别为 3 个主成分。根据主成分分析结果, 求出 3 个主成分的综合得分见表 5, 可以看出, 不同覆盖方式的效果依次为 $T_4 > T_1 > T_5 > T_3 > T_2 > CK$ 。

3 讨论

3.1 不同覆盖方式对枣园土壤温度的影响

覆盖处理可调节或改善果园的微域环境, 即果园的土壤温度和相对空气湿度^[21-22]。何振嘉^[23]研究表明, 对黄土高原地区的枣园进行秸秆

表 5 利用主成分分析法对不同土壤覆盖方式
各因子指标的综合评价

Table 5 Comprehensive evaluation of factor indexes
under different mulching methods by principal
component analysis

处理	PC1	PC2	PC3	综合	排序
CK	-1.314	-0.302	1.522	-0.622	6
T ₁	0.802	0.173	0.307	0.550	2
T ₂	-0.551	-0.483	-0.973	-0.555	5
T ₃	0.142	-1.287	-0.816	-0.281	4
T ₄	1.430	0.180	0.678	0.974	1
T ₅	-0.510	1.719	-0.719	-0.066	3

覆盖处理,能有效减缓高温时土壤温度的波动,提高土壤含水量,满足枣树正常生长发育的需要。匡石滋等^[24]研究也发现,黑麦草对火龙果园覆盖后能有效防止地面温度的剧烈变化,从而保持和稳定土层温度,降低土壤水分蒸发,为火龙果生长创造稳定的土壤水、热条件。本研究发现,各覆盖处理对于不同土层的土壤具有降温效应,即可以缓解由于夏季高温干燥造成的果园空气湿度低的状况,从而保持果园地表温湿度的相对稳定;该现象可能是因为覆盖物的遮挡减弱了太阳辐射的透射率,导致地面表层接受到辐射能量较少,且覆盖物接受到的热量不能直接传递到土壤中,所以对土壤产生了降温效应;但在 7 月份 10~20 cm 土层深度处, T₅ 处理的土壤温度显著高于其他处理组,这是由于薄膜阻止了土壤和大气之间的水热交换,导致深层土壤温度增加,说明覆膜有利于土壤温度的提高,这与刘克长等^[25]研究结果相似。廖小龙等^[26]研究也发现覆膜能够提高不同土层的土壤温度,其对土温变化的调节作用主要表现在土壤表层,随土层深度增加调节作用减小。因此,各覆盖处理使枣园土壤热量平衡过程发生了一定程度的变化,且各处理间的影响又存在一定差异。

3.2 不同覆盖方式对枣树叶片光合特性的影响

光合作用是植物生长发育的基础,决定着植物光能利用,影响着作物的经济产量^[27-28]。气孔是植物进行气体交换的重要门户,植物通过气孔的开闭来控制光合作用中 CO₂ 的吸收和蒸腾过程中水分的散失,进而调节净光合速率和蒸腾速率^[29]。大量研究发现秸秆、薄膜、生草、花生等有

效覆盖可显著提高叶片 P_n 、 T_r , 归因于覆盖对土壤温度较大的影响,而土壤温度差异将引起土壤养分、土壤微生物和土壤呼吸等理化性状的变化,最终造成植株光合特性提高^[30]。本研究发现,较 CK 而言,各覆盖处理下的枣树 P_n 、 G_s 、 T_r 均显著高于 CK,说明覆盖对枣树的光合有明显的促进作用,主要原因可能是各覆盖处理可明显降低高温时土壤温度,改善枣园的微域环境,使枣树植株长势稳健,叶片生理机能优化, G_s 明显提高,碳水化合物合成显著增加,这与高秀萍等^[31]研究结果相似。通过种植豆科植物也可以直接提高枣园土壤氮含量。Campiglia 等^[32]在番茄种植过程中发现,豆科作物覆盖后土壤中硝酸盐含量和土壤中氮的含量高于黑麦草作物,增强了番茄对养分的吸收,番茄产量明显提高。本研究 5 种覆盖方式中, T₄ 处理促进光合及生理效应最为明显;与其他处理比较,黄豆覆盖可增强作物的光合能力,如 P_n 、 T_r 、 G_s , 一方面可能是由于黄豆根瘤菌固氮作用,显著提高土壤氮素含量,从而促进树体对氮素的吸收,增强枣树的光合作用;另一方面则是覆盖处理后,降低土壤温度,显著增加果园相对湿度,进而提高果树的光合速率。

3.3 不同覆盖方式对枣果果实品质的影响

果园覆盖有利于改善树体的生长状况,增强果树的光合速率,改善果实品质^[33-34]。孙勇^[35]研究发现对果园进行生草或秸秆覆盖,可增加其土壤有机质含量,促进作物根系的生长,提高果实品质。Chen 等^[36]研究表明,相对于清耕,生草和秸秆、地膜覆盖对果实单果质量、果实硬度以及可溶性固形物含量具有明显的改善。本试验研究表明,各覆盖处理均增加枣果果实的单果质量、维生素 C 含量、可溶性糖含量,并且通过相关性分析得出, P_n 与维生素 C 含量、枣果横径、 G_s 、 T_r 、枣果纵径呈显著性相关,说明覆盖可以改善枣树的生长环境,增强枣树光合作用,从而使枣树的营养生长加快,源库分配更加均衡,进一步改善果实的品质,这与周婷婷等^[37]的研究结果相似。本研究发现,与其他覆盖方式比较, T₄ 处理提高果实品质最佳,可能是因为覆盖豆科作物可改善土壤养分状况,直接或间接影响果树光合特性,进而对果实品质产生影响。但豆科作物对提高枣果果实品质的机理目前没有统一定论,尚待更深层的研究。

4 结论

试验以白龙江干热河谷区枣树为研究对象,

对清耕、人工种植花生、黑麦草、树枝秸秆碎屑、人工种植黄豆、黑膜处理条件下,枣园土壤温度、树体光合特性及果实品质等进行分析,结果显示,不同覆盖措施均能稳定土温的变幅,提高叶片的光合效率,改善枣果品质,从而达到优产的目的。其中人工种植花生处理下光合速率、果实品质均为较高,为最佳的覆盖模式,这为白龙江干热河谷区的枣园覆盖模式提供了理论指导。

参考文献 Reference:

- [1] 任道义. 适宜甘肃发展的枣树良种[J]. 甘肃林业, 2010(3): 32-33.
REN D Y. An improved variety of jujube suitable for the development of Gansu [J]. *Gansu Forestry*, 2010 (3): 32-33.
- [2] 凌 强, 赵西宁, 高晓东, 等. 间作经济作物对黄土丘陵区旱作红枣土壤水分的调控效应[J]. 应用生态学报, 2016, 27(2): 504-510.
LING Q, ZHAO X N, GAO X D, *et al.* Effects of inter-row economic crop planting on soil moisture in a rain-fed jujube orchard in loess hilly region, China [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2016, 27(2): 504-510.
- [3] STEINER J L, SCHOMBERG H H, DOUGLAS C L, *et al.* Standing stem persistence in no-tillage small-grain fields [J]. *Agronomy Journal*, 1994, 86(1): 76-81.
- [4] 李艳丽, 赵化兵, 谢 凯, 等. 不同土壤管理方式对梨园土壤微生物及养分含量的影响[J]. 土壤, 2012, 44(5): 788-793.
LI Y L, ZHAO H B, XIE K, *et al.* Effects of different soil managements on pear orchard soil biological properties and nutrient contents [J]. *Soils*, 2012, 44(5): 788-793.
- [5] HIDEO K, EMIKO Y. Influence of film mulching method on soil temperature and soil moisture in tobacco culture[J]. *Environmental Control in Biology*, 1969, 6(2): 81-86.
- [6] LI M, ZHANG K P, ELDOMA I, *et al.* Plastic film mulching sustains high maize (*Zea mays* L.) grain yield and maintains soil water balance in semiarid environment[J]. *Agronomy*, 2020, 10(4): 600.
- [7] 邓浩亮, 张恒嘉, 肖 让, 等. 陇中半干旱区不同覆盖种植方式对土壤水热效应和玉米产量的影响[J]. 中国农业科学, 2020, 53(2): 273-287.
DENG H L, ZHANG H J, XIAO R, *et al.* Effects of different covering planting patterns on soil moisture, temperature characteristics and maize yield in semi-arid region of the Loess Plateau [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2020, 53(2): 273-287.
- [8] 陈 俊, 张 琦, 杨梦宇, 等. 生草对干旱荒漠区苹果光合特性与叶片质量的影响[J/OL]. 中国农业科技导报: 1-8 [2020-05-21]. <https://doi.org/10.13304/j.nykJdb.2019.1011>.
CHEN J, ZHANG Q, YANG M N, *et al.* Effects of orchard herbage-mulching on photosynthetic characteristics and leaf quality of apples in arid desert area [J/OL]. *Journal of Agricultural Science and Technology*: 1-8 [2020-05-21]. <https://doi.org/10.13304/j.nykJdb.2019.1011>.
- [9] 安六世. 甘肃半干旱地区梨园全园覆盖秸秆试验[J]. 中国果树, 2011(6): 33-35.
AN L SH. Experiment on covering straw in pear orchard in semi-arid area of Gansu province [J]. *China Fruits*, 2011 (6): 33-35.
- [10] ODJUGO P A O. The effect of tillage systems and mulching on soil microclimate, growth and yield of yellow yam (*Dioscorea cayenensis*) in Midwestern Nigeria [J]. *African Journal of Agriculture Biotechnology*, 20087 (24): 4500-4507.
- [11] WU J Y, CHEN M G, DONG C Y, *et al.* Effects of land cover on soil temperature, humidity and moisture in *Phoebe bournei* forest [J]. *Agricultural Science & Technology*, 2015, 16(12): 2725-2729.
- [12] 鄢 铮, 王正荣, 林怀礼, 等. 覆盖方式对马铃薯光合特性和产量的影响[J]. 云南农业大学学报, 2014, 29(3): 359-364.
YAN ZH, WANG ZH R, LIN H L, *et al.* Effects of covering methods on leaf photosynthetic characteristics and yield of potato [J]. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 2014, 29(3): 359-364.
- [13] 周江涛, 李燕青, 闫 帅, 等. 果园地面覆盖对苹果果实品质和矿质营养的影响[J]. 中国果树, 2019(4): 16-20, 117.
ZHOU J T, LI Y Q, YAN SH, *et al.* Effects of different patterns surface mulching on fruit quality and mineral elements in apple orchard [J]. *China Fruits*, 2019(4): 16-20, 117.
- [14] 王 俊, 李凤民, 宋秋华, 等. 地膜覆盖对土壤水温和春小麦产量形成的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(2): 205-210.
WANG J, LI F M, SONG Q H, *et al.* Effects of plastic film mulching on soil temperature and moisture and on yield formation of spring wheat [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(2): 205-210.
- [15] 胥生荣, 张恩和, 马瑞丽, 等. 不同覆盖措施对枸杞根系生长和土壤环境的影响[J]. 中国生态农业学报, 2018, 26(12): 1802-1810.
XU SH R, ZHANG E H, MA R L, *et al.* Effects of mulching patterns on root growth and soil environment of *Lycium barbarum* [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2018, 26(12): 1802-1810.
- [16] 霍轶珍, 丁春莲, 王文达, 等. 黑色地膜覆盖土壤水热效应及对玉米产量的影响[J]. 水土保持研究, 2020, 27(1): 335-339.
HUO Y ZH, DING CH L, WANG W D, *et al.* Effects of black plastic flim mulching on soil moisture, soil temperature and maize yield [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2020, 27(1): 335-339.
- [17] 卢精林. 酿酒葡萄 (*Vitis Vinifera* L.) 不同覆盖节水栽培研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2004.
LU J L. Study on water-saving cultivation of wine grape with different mulching with (*Vitis vinifera* L.) [D]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University, 2004.
- [18] 孙文泰, 刘兴禄, 董 铁, 等. 陇东旱塬苹果园不同覆盖措施对土壤性状、根系分布和果实品质的影响[J]. 果树学报, 2015, 32(5): 841-851.
SUN W T, LIU X L, DONG T, *et al.* Root distribution, soil characteristics, root distribution and fruit quality affected by different mulching measures in apple orchard in the dry area of eastern [J]. *Journal of Fruit Science*,

- 2015,32(5):841-851.
- [19] 夏冬. 地面覆盖对土壤环境和番茄果实产量品质的影响[D]. 南京:南京农业大学,2014.
XIA D. Effects of ground mulching on soil environment and yield and quality of tomato fruit[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University,2014.
- [20] 侯建安. 滴灌条件下不同覆盖与施肥处理对灵武长枣生长与果实品质的影响[D]. 银川:宁夏大学,2013.
HOU J A. Effects of different mulching and fertilization treatments on growth and fruit quality of Lingwu Changzao Jujube under drip irrigation[D]. Yinchuan: Ningxia University,2013.
- [21] MERWIN I A, STILES W C, VAN E H, *et al.* Orchard groundcover management impacts on soil physical properties[J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science American Society for Horticultural Science*, 1994,119(2):216-222.
- [22] 张克福. 生物覆盖对改善桔园温湿度和营养物质的效应[J]. 福建果树,1988(1):60-62.
ZHANG G F. Effect of biological mulching on improving temperature, humidity and nutrients in orange orchard[J]. *Fujian Fruit Trees*,1988(1):60-62.
- [23] 何振嘉. 覆盖方式对涌泉根灌枣树土壤水热效应及产量的影响[J]. 中国农业科技导报,2018,20(12):130-139.
HE ZH J. Effects of covering methods on soil hydrothermal effect and yield of Jujube trees under bubbled-root irrigation[J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*,2018,20(12):130-139.
- [24] 匡石滋,田世尧,段冬洋,等. 生草栽培对火龙果果园土壤特性及微生态环境的影响[J]. 热带农业科学,2015,35(5):1-4,12.
KUANG SH Z, TIAN SH Y, DUAN D Y, *et al.* Effects of grass cultivation on soil property and micro-ecological environment in Pitaya orchard[J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*,2015,35(5):1-4,12.
- [25] 刘克长,任中兴,李申安,等. 不同覆盖措施下龙廷杏梅园地小气候效应研究[J]. 水土保持研究,2008,15(5):145-148.
LIU K CH, REN ZH X, LI SH A, *et al.* Area climate effect on long-ting *P. simonii* Carr. with the different mulching measurements[J]. *Research of Soil and Water Conservation*,2008,15(5):145-148.
- [26] 廖小龙,廖康,刘曼曼,等. 果园地面覆盖对库尔勒香梨生长与结果的影响[J]. 经济林研究,2014,32(3):114-117.
LIAO X L, LIAO K, LIU M M, *et al.* Effect of orchard ground cover on growth and fruiting of Korla fragrant Pear[J]. *Economic Forest Research*,2014,32(3):114-117.
- [27] 徐安阳,张育丽,段维,等. 保护性耕作措施对红枣树光合特性及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2015,33(4):64-68,81.
XU A Y, ZHANG Y L, DUAN W, *et al.* Effects of conservation tillage methods on the photosynthetic characteristics and yield of jujube[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*,2015,33(4):64-68,81.
- [28] 练宏斌. 不同耕作措施对旱地春小麦光合生理生态特性的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学,2008.
LIAN H B. Effects of different tillage measures on photosynthetic physiological and ecological characteristics of spring wheat in dryland[D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University,2008.
- [29] 李美荣. 介绍一种新的气孔开度测定方法[J]. 植物生理学通讯,1990,5:51-55.
LI M R. A new method for measuring stomatal opening is introduced[J]. *Plant Physiology Communications*,1990,5:51-55.
- [30] 李燕青,车升国,李壮,等. 土壤管理制度对果园土壤水热、微生物及养分的影响研究进展[J]. 中国果树,2018(5):66-72.
LI Y Q, CHE SH G, LI ZH, *et al.* Research progress on the effects of soil management system on soil water, heat, microorganisms and nutrients in orchard[J]. *China Fruits*,2018(5):66-72.
- [31] 高秀萍,张勇强,童兆平. 秸秆覆盖对梨树几项水分生理指标的影响[J]. 山西农业科学,2001,29(2):59-61.
GAO X P, ZHANG Y Q, TONG ZH P, *et al.* Effects of straw mulching on several sater physiological indexes of pear trees[J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*,2001,29(2):59-61.
- [32] CAMPIGLIA E, MANCINELLI R, RADICETTI E. Influence of no-tillage and organic mulching on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) production and nitrogen use in the mediterranean environment of central Italy[J]. *Scientia Horticulturae*,2011,130(3):588-598.
- [33] 高小丽,孙健敏,高金锋,等. 红小豆丰产性及稳定性综合评价[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2004,32(8):37-42.
GAO X L, SUN J M, GAO J F, *et al.* Comprehensive evaluation of high yield and stability of adzuki bean[J]. *Journal of Northwest A&F University(Natural Science Edition)*,2004,32(8):37-42.
- [34] 刘丽琴,张永清,李鑫,等. 烯效唑浸种对干旱胁迫下红小豆生长及其根系生理特性的影响[J]. 西北植物学报,2017,37(1):144-153.
LIU L Q, ZHANG Y Q, LI X, *et al.* Influence of seed soaking with uniconazole on growth and root physiological characteristics of adzuki bean under drought stress[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*,2017,37(1):144-153.
- [35] 孙勇. 新疆保护性耕作措施对枣园土壤理化特性及枣产量、品质影响的研究[D]. 新疆阿拉尔:塔里木大学,2018.
SUN Y. Effects of conservation tillage measures on soil physical and chemical properties, yield and quality of Jujube orchard in south Xinjiang[D]. Alar Xinjiang: Tarim University,2018.
- [36] CHEN H, LIU J, ZHANG A, *et al.* Effects of straw and plastic film mulching on greenhouse gas emissions in Loess Plateau, China: A field study of 2 consecutive wheat-maize rotation cycles[J]. *Science of the Total Environment*,2016,579:814-824.
- [37] 周婷婷,张育丽,万素梅. 不同覆盖措施对南疆地区红枣产量及品质性状影响的研究[J]. 塔里木大学学报,2016,28(1):56-61.
ZHOU T T, ZHANG Y L, WAN S M. The effects of different mulching methods on the yield and quality for jujube in south Xinjiang[J]. *Journal of Tarim University*,2016,28(1):56-61.

Effect of Mulching Methods on Soil Temperature, Photosynthetic Characteristic and Fruit Quality of Jujube Orchard in Dry and Hot Valley

LIU Bo¹, HUANG Huali², WANG Duofeng², ZHANG Rui¹,
ZHANG Xiayi¹, LIU Bing¹ and WANG Yanxiu¹

(1. Faculty of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

2. Forestry Research Institute of Gansu Province, Lanzhou 730070, China)

Abstract In order to study the effects of different mulching methods on soil temperature, photosynthetic parameters and fruit quality in jujube orchard, six soil management modes were compared, which included clear ploughing (CK), artificial planting peanut (T₁), ryegrass (T₂), branch straw debris (T₃), artificial planting soybean (T₄) and black film (T₅), and the best soil management mode was selected by principal component analysis. The results showed that in July, compared with CK, each treatment had obvious cooling effect on soil temperature at different soil layers. Compared with T₂, T₅ and CK, the cooling effect on soil temperature decreased by 2.87%, 10.96% and 12.77% in T₄ at 5 cm soil layer, respectively, but soil temperature in T₅ significantly increased. Different mulching methods could increase the net photosynthetic rate of leaves to varying degrees, T₄ treatment was the most significant increase of net photosynthetic rate of leaves, which increased 21.67%, 40.05% and 36.08% compared with CK in June, July and August, respectively. And the effect of T₄ treatment on vitamin content, soluble sugar content and jujube fruit diameter were significantly higher than other treatments, which increased by 25.00%, 10.70% and 9.45% compared with CK. The correlation and principal component analysis of 16 indexes were carried out, and the comprehensive analysis results showed that the effect of different mulching methods on jujube was T₄ > T₁ > T₅ > T₃ > T₂ > CK. To sum up, artificial planting soybean mulching (T₄) treatment may be the best way to promote the soil management of jujube orchard in the dry-hot area of Bailong River, Gansu province.

Key words Jun jujube; Different coverage methods; Soil temperature; Photosynthetic parameters; Fruit quality; Correlation analysis

Received 2020-10-12

Returned 2020-11-24

Foundation item Central Finance for Forestry Science and Technology Promotion Project (No. 2018ZYTG4); Gansu Provincial Financial Forestry Project (No. 2125).

First author LIU Bo, female, master student. Research area: physiology and technology of fruit tree cultivation. E-mail: 1152092685@qq.com

Corresponding author WANG Yanxiu, female, Ph. D, professor, master supervisor. Research area: fruit tree cultivation physiology and technology. E-mail: wangxy@gsau.edu.cn

HUANG Huali, male, senior engineer. Research area: economic forest and nature management and research. E-mail: 1354355881@qq.com

(责任编辑:史亚歌 Responsible editor:SHI Yage)