文章编号:1000-7601(2019)03-0200-08

doi:10.7606/j.issn.1000-7601.2019.03.26

# 不同耕作方式对枣园土壤温度、养分 和果实品质的影响

程 丽¹,赵 通¹,黄华梨²,张露荷²,朱燕芳¹,贾旭梅¹,郭爱霞¹,王延秀¹(1.甘肃农业大学园艺学院,甘肃 兰州 730070;2.甘肃省林业科学研究院,甘肃 兰州 730070)

摘 要:为了探明甘肃中部沿黄灌区枣园不同耕作方式对土壤温度、养分状况和果实品质的影响,连续2年设置清耕(CK)、覆盖玉米秸秆(YMG)、覆黑膜(HM)和种植黑麦草(HMC)等耕作方式,测定不同土层(0、20、40、60 cm)土壤温度、养分以及果实品质等指标;并采用主成分分析综合评价,筛选最佳土壤管理模式。结果表明:8月份HMC对不同土层土壤温度均具有明显的降温作用,在20 cm 土层,分别较 CK、HM、YMG 降低了5.93%、5.93%、2.86%。与对照相比、YMG、HM和HMC均能显著提高各土层的土壤速效 K、N、P以及硝态氮和有机质含量,其中HMC效果最显著,在20 cm 土层处,与 CK相比分别提高了12.35%、10.11%、15.48%、23.11%、19.00%。随着土层深度的增加,速效养分含量均呈先上升后下降的趋势,地表0~20 cm处的含量最高,在20 cm 土层处,HMC 土壤速效 K、N、P含量分别为122.24 mg·kg<sup>-1</sup>、32.67 g·kg<sup>-1</sup>、0.76 mg·kg<sup>-1</sup>。与对照相比,YMG、HM和HMC均能不同程度地提高枣果品质,其中HMC对 Vc含量、蛋白质含量、可溶性糖含量、枣果横径、枣果纵径、单果重、含水量、可食率的影响显著大于YMG和HM,HMC的 Vc含量、蛋白质含量、可溶性糖含量、枣果横径、枣果纵径、单果重、含水量、可食率的影响显著大于YMG和HM,HMC的Vc含量、蛋白质含量、可溶性糖含量、枣果横径、含水量较YMG分别增加了10.18%、25.23%、9.06%、6.04%、3.73%,较HM分别增加了1.28%、23.01%、1.07%、2.50%、1.71%。主成分分析将16个指标综合分析,提取3个主成分因子6.614、5.485、3.901,代表4种不同耕作方式100%的原始数据信息量。综上所述,不同土壤耕作方式的效果由高到低依次为HMC、HM、YMG和CK,种植黑麦草(HMC)是甘肃中部沿黄灌区枣园土壤管理的推荐模式。

关键词:枣园;土壤耕作方式;土壤温度;土壤养分;枣果品质

中图分类号:S665.1 文献标志码:A

# Effect of different tillage methods on soil temperature, nutrient, and fruit quality in jujube orchard

CHENG Li<sup>1</sup>, ZHAO Tong<sup>1</sup>, HUANG Hua-li<sup>2</sup>, ZHANG Lu-he<sup>2</sup>, ZHU Yan-fang<sup>1</sup>, JIA Xu-mei<sup>1</sup>, GUO Ai-xia<sup>1</sup>, WANG Yan-xiu<sup>1</sup>

- (1. Faculty of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;
  - 2. Forestry Research Institute of Gansu Province, Lanzhou, Gansu 730070, China)

**Abstract:** The effects of different soil tillage methods on soil temperature, nutrient status, and fruit quality of jujube orchard in the Yellow River Irrigation Area of central Gansu Province were studied. Four different soil tillage methods including clean tillage (CK), corn straw mulching (YMG), black plastic film mulching (HM), and ryegrass mulching (HMC) were conducted. Soil temperature and nutrient status in different soil layers (0, 20, 40 cm, and 60 cm) and fruit quality were investigated. Through the principal component analysis, comprehensive evaluation of determined parameters was conducted to screen the best soil management model. The results showed that: in August, the HMC had a significant effect on the decrease of soil temperature in different soil layers. Compared with CK, HM, YMG, HMC in 20 cm depth of soil were decreased by 5.93%, 5.93%, and 2.86%, respectively. Compared to CK, different mulching models significantly increased available K, N, P, nitrate N, and or-

收稿日期:2018-07-14 修回日期:2019-04-27

ganic matter contents in soil, in which HMC was the most effective model. Compared with CK, that in 20 cm depth of soil with HMC were increased by 12.35%, 10.11%, 15.48%, 23.11%, and 19.00%, respectively. With the increase in soil depth, the contents of available nutrient firstly increased and then decreased, and the contents in 0~20 cm were the highest. Under HMC treatment, the contents of available K, N, and P in 20 cm depth of soil were 122.24 mg · kg<sup>-1</sup>, 32.67 g · kg<sup>-1</sup>, and 0.76 mg · kg<sup>-1</sup>, respectively. In comparison, YMG, HM, and HMC enhanced the fruit quality of jujube. The effects of HMC on vitamin C content, protein content, soluble sugar content, fruit diameter, fruit longitudinal diameter, fruit weight, water content, and edible rate were significantly greater than those of YMG, and HM. Compared with YMG the contents of vitamin C, protein, soluble sugar, fruit diameter, and water content of HMC increased by 10.18%, 25.23%, 9.06%, 6.04%, and 3.73%, respectively, and those with HM were increased by 1.28% 23.01% 1.07% 2.50%, and 1.71%, respectively. The principal component analysis was used to analyze 16 parameters and extracted 3 principal components (6.614, 5.485, and 3.901), which represented the 100% original data information of four different soil tillage methods. Comprehensive analysis showed that effects of four tillage methods from high to low were HMC, HM, YMG, and CK, indicating that HMC was the best pattern of soil management for jujube orchard in the Yellow River Irrigation Area of central Gansu Province.

Keywords: jujube orchard; soil tillage methods; soil temperature; soil nutrient; fruit quality

枣(Zizyphus jujuba)是原产我国的特有果树。甘肃地处黄河中上游,甘肃中部沿黄灌区枣产业特色明显<sup>[1]</sup>。沿黄灌区是甘肃省综合农业商品生产基地<sup>[2]</sup>,甘肃中部沿黄灌区果园的土壤耕作多采用单一的耕作方式,导致肥力下降,增加了枣园除草劳力和化肥等生产资料投入,最终影响果品产量和品质<sup>[3]</sup>。枣园覆盖和生草可有效蓄水保墒、增加作物产量和调节微域生态环境,可通过改善土壤水分控制土壤温、湿度<sup>[4-5]</sup>。揣峻峰等<sup>[6]</sup>研究发现,不同土壤耕作方式能提高渭北苹果园 0~600 cm 土层土壤含水量,且有利于提高果树产量、单果重及优果率。因此,探索适合的枣园耕作制度对沿黄灌区枣业发展具有重要意义。

果园地面覆盖和种植生草能抑制水分蒸发,蓄 水保墒,防止土壤板结,保持良好土壤结构[7]。目 前,众多研究主要集中在膜覆盖[8-9]、秸秆覆盖[10]、 生草覆盖[11]。Odjugo[12]研究发现,膜覆盖能够明显 提高土壤温度和土壤水分含量。秸秆覆盖具有减 少土壤蒸发、保墒蓄水、平抑地温变幅的效果[13]。 李欢等[14]研究发现秸秆和地膜覆盖对'灰枣'坐果 和品质的促进效果较好。官情等[15]研究发现覆盖 秸秆或者地膜可以有效蓄水、保墒,增加土壤有机 质,提高作物产量和水分利用效率。李传友等[16]也 认为果园残枝粉碎覆盖之后,可以提高果实的单果 重和可溶性固形物。Wu等[17]研究发现,地膜覆盖 可以提高地表温度,生草覆盖的降温效果最好。这 些研究尚未关注同一生态系统下不同土壤耕作方 式对果园土壤温度、养分及枣树生长发育、果实品 质影响的研究[18]。

本试验以'骏枣'为接穗,当地 8 a 生'圆枣'为基砧,研究不同土壤耕作方式下,枣园土壤不同土层温度、养分状况和枣果品质的变化,旨在提出最佳耕作方式,以期为沿黄灌区枣园建立经济、高效的果园管理措施。

## 1 材料与方法

#### 1.1 试验地概况

本试验设在甘肃省白银市景泰县五佛乡兴水村王希禄家枣园,地处黄河之滨,四面环山,东经103°33′,北纬 36°43′,海拔 1 274 m,属温带大陆干旱气候,年平均气温 9.1℃,年降雨量 185 mm,年蒸发量 3 038 mm,年平均日照时数 2 713 h,无霜期 160 d。土壤为黄土母质发育的疏松黑垆土,0~40 cm 土层养分为:有机质 48.26 g·kg $^{-1}$ ,硝态氮 183.36 mg·L $^{-1}$ ,速效磷 0.62 mg·kg $^{-1}$ ,速效钾 109.40 mg·kg $^{-1}$ 。

试验以当地 8 a 生 '圆枣' 为基砧, '骏枣' 为接穗, 高接换头 3 a, 栽植密度 2.5 m×4.0 m, 主干直径 15 cm, 树冠直径  $1.7 \sim 2.3$  m, 多年产量 9 000 kg · hm<sup>-2</sup>。

#### 1.2 试验设计与方法

试验设置覆盖玉米秸秆(YMG)、覆黑膜(HM)和种植黑麦草(HMC)3个处理,清耕为对照(CK)。每小区面积20 m×10 m,每个处理重复3次,每处理5株,所有试验小区随机排列,灌水、施肥、病虫害防治均相同。

2015 年 2 月底施肥,其中尿素 650 kg·hm<sup>-2</sup>, 过磷酸钙 600 kg·hm<sup>-2</sup>,硫酸钾 310 kg·hm<sup>-2</sup>,不施 有机肥,清耕,试验前地表无覆盖。3 月底浇水,4 月 初种多年生植物黑麦草(Lolium perenne L.)、覆玉米秆和黑膜。12月初揭膜,清理秸秆。玉米秆平均铺于果园土壤表面,每667 m²覆盖秸秆1200~1500 kg,覆盖厚度为20 cm,第一次覆玉米秆压土或石块,防止风刮或失火。全园覆盖黑膜,膜厚0.012 mm,长度120 cm。2016年4月初,按原行覆玉米秆和黑膜,2016年5-11月试验测定,枣果采收于10月初进行。

#### 1.3 测定指标及方法

1.3.1 土壤温度测定 6月8日开始, 曲管地温计每10 d 实时测定温度日变化, 测定时间为上午8:00至下午18:00, 每隔2h记录一次数据。

1.3.2 土壤养分测定 2016 年 10 月 12 日进行土 样采集,按照随机、等量、多点混合法,在枣树行间 随机 5 点采集样品,每个采样点在土层 0、20、40 cm 和 60 cm 取土约 1 kg。土样充分混合后用四分法取样 1 kg,自封袋封好,贴上标签,带回实验室风干,测定土壤养分。

速效 K 测定采用醋酸铵—火焰光度计法;速效 N 测定采用碱解扩散法;速效 P 测定采用钼锑抗比色法;硝态氮,加入 KCI 溶液振荡,静置,采用吸光度法测定;有机质测定采用重铬酸钾容量法<sup>[19]</sup>。1.3.3 果实品质测定 内在品质:Vc 含量采用 2,6-二氯酚靛酚溶液滴定法测定;可溶性蛋白质采用考马斯亮蓝法测定;可溶性糖采用蒽酮试剂法测定<sup>[20]</sup>;可滴定酸采用碱式滴定法以酚酞指示剂测定<sup>[21]</sup>。外观品质:枣果横纵径,采用游标卡尺测量;单果重、单核重,用电子天平称量;枣果果肉含水量=(1-干重/湿重)×100%;可食率=果肉重量/果实重量×100%。

#### 1.4 数据处理

用 Microsoft Excel 2010 软件进行数据处理和绘

图,用 SPSS 22.0 软件进行相关性分析和单因素方差分析,差异显著性用 LSD 法进行多重比较,主成成分进行综合分析。

# 2 结果与分析

#### 2.1 不同耕作方式对枣园土壤温度的影响

不同耕作方式对枣园土壤温度的影响见表 1,可以看出,不同处理均能改变同一土层的土温,耕作方式不同其变幅不同,且随着土层的加深各处理的温度均降低。在表层(0 cm),6 月份各处理间土温无显著差异;7 月份土温由高到低依次为 HM、CK、YMG 和 HMC,其中 CK 比 YMG 和 HMC 的土壤温度分别高 3.10%、4.07%;8 月份土温从大到小依次为 HM、YMG、HMC 和 CK,分别为 28.75%、26.45%、26.15%和 26.10%,HM、YMG 和 HMC 均高于 CK,其中 HM 显著高于其它处理。

在 20、40 cm 和 60 cm 土层中,6 月和 7 月份内各处理间土温均无显著性差异;8 月份 20 cm 土层土温从高到低依次为 HM、CK、YMG 和 HMC,分别是25.90、25.90、25.15℃和 24.45℃,HM 比 YMG、HMC 分别高 2.98%和 5.93%,HM 显著高于 YMG;40 cm 土层土温 HM(25.55℃)、CK(24.70℃)和 HMC(24.70℃)显著高于 YMG(23.50℃),分别高 8.72%、5.11%和5.11%,HM 显著高于 YMG;60 cm 土层土温 HM(24.40℃)高于 HMC(24.05℃)、CK(23.45℃)和 YMG(22.90℃),分别高 1.46%、4.05%和 6.55%。

综上所述,6-8 月,与 CK 相比,HM 处理的地温较高,YMG 和 HMC 对不同深度土温均具有明显的降温作用,且表层土壤降温幅度和增温作用最为明显,随着土层的加深,降温和增温幅度减小。

表 1 不同土壤耕作方式对枣园土壤不同土层温度的影响/℃

Table 1 Influence of different soil tillage methods on soil temperature in the different layers of jujube soil

		8	1	, ,	3
处理	时间		土层 Soil	layer/cm	
Treatment	Time	0	20	60	
	6月 June	30.60±2.86a	23.43±3.74a	22.57±3.44a	21.40±2.17a
CK	7月 July	26.57±3.85a	$25.50 \pm 3.20a$	$24.33 \pm 2.03$ a	22.93±0.76a
	8月 Aug.	$26.10 \pm 1.60 \mathrm{b}$	$25.90 \pm 0.50a$	$24.70 \pm 0.10a$	$23.45 \pm 0.15 bc$
	6月 June	28.17±5.87a	21.87±2.16a	21.53±1.88a	21.10±2.31a
YMG	7月 July	$25.77 \pm 2.97a$	$27.80 \pm 4.00a$	$25.23 \pm 1.80a$	$22.77 \pm 1.47a$
	8月 Aug.	$26.45 \pm 0.65 \mathrm{b}$	$24.45 \pm 0.65$ b	$23.50 \pm 0.10$ b	22.90±0.60c
	6月 June	31.13±2.19a	24.33±2.57a	23.07±1.86a	21.77±1.70a
HM	7月 July	27.30±3.10a	$25.83 \pm 3.17a$	$23.87 \pm 1.72a$	23.17±1.83a
	8月 Aug.	28.75±0.15a	$25.90 \pm 0.70$ a	$25.55 \pm 0.25a$	$24.40 \pm 0.20 a$
	6月 June	$28.87 \pm 1.46a$	$25.40 \pm 1.82a$	22.13±1.36a	$20.53\pm1.42a$
HMC	7月 July	25.53±2.56a	$25.17 \pm 2.70a$	$24.37 \pm 1.38a$	$23.20\pm1.04a$
	8月 Aug.	$26.15 \pm 0.05$ b	$25.15 \pm 0.65 ab$	$24.70 \pm 1.00a$	$24.05 \pm 0.05 ab$

注:同列不同小写字母表示同一月份同一土层不同处理间的差异显著(P<0.05)。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level between the different treatments of the same soil layer in the same month.

#### 2.2 不同耕作方式对枣园土壤养分的影响

不同土壤耕作方式对枣园土壤养分的影响如 表 2 所示。总体来看,3 种覆盖处理都不同程度地 提高了土壤速效养分(速效 N、速效 P、速效 K)含 量,同一土层中 YMG、HM 和 HMC 速效养分含量与 CK 差异不显著,但随着土壤深度的增加,速效养分 含量均呈先上升后下降的趋势。其中, 土层 0~20 cm 含量较高,各处理对土层 60 cm 养分影响不显 著。在0 cm 土层处,有机质含量从高到低依次为 HMC、HM、YMG 和 CK, 各处理分别比 CK 高 16.95%、15.41%和12.67%,差异不显著;HMC处理 的土壤速效 K 含量高于其他处理和对照, HMC、 YMG 和 HM 分别比 CK 高 8.45%、5.97%和4.81%; 速效 N 含量从高到低依次为 YMG、HM、HMC 和 CK,处理 YMG、HM 和 HMC 分别比 CK 高 47.57%、 30.50% 和 27.27%; 速效 P 含量从高到低依次为 HM、HMC、YMG 和 CK, 分别比 CK 高 20.90%、 13.43%和 7.46%; 硝态氮含量最高为 HMC, 其次为 HM,分别比 CK 高 18.12%和 12.86%。

在20 cm 土层处有机质含量最高为 HMC, 其次是 HM, 分别比 CK 高19.00%和18.63%, 差异不显著; 土壤速效 K含量从高到低依次是 YMG、HMC、HM和 CK, 分别比 CK 显著高13.96%、12.35%和9.35%; 速效 N含量最高的为 YMG, 其次为 HM, 分别比 CK 高38.68%和25.61%; 速效 P含量从高到低

依次是 HM、HMC、YMG 和 CK,各处理分别比 CK 高 35.71%、15.48%和 13.10%;硝态氮含量从高到低依 次是 HMC、YMG、HM 和 CK,各处理分别比 CK 高 23.11%、18.71%和 11.40%。

在40 cm 土层,土壤有机质、速效 K 和硝态氮含量从高到低均为 HMC、HM、YMG 和 CK,其中各处理土壤有机质含量分别比 CK 高 16.60%、14.76%和6.27%,速效 K 含量分别比 CK 高 6.99%、6.51%和3.17%,硝态氮含量各处理显著高于 CK;土壤速效 N 含量从高到低为 YMG、HMC、HM 和 CK,各处理分别比 CK 高 32.52%、23.00%和 11.90%;土壤速效 P 含量从高到低为 HM、HMC、YMG 和 CK,各处理分别比 CK 高 20.63%、17.46%和 9.52%。

在60 cm 土层,土壤速效 N、硝态氮含量变化均为 HM>HMC>YMG>CK,各处理土壤速效 N 分别比 CK 高 1.69%、1.52%和 0.85%,差异不显著,硝态氮各处理间差异也不显著;土壤速效 K 含量最高的为 HMC,比 CK 高 8.54%,其次是 HM 和 YMG,与对照差异不显著;土壤速效 P 含量为 HMC>YMG>HM> CK,各处理分别比 CK 高 23.08%、15.38%和 7.69%;有机质含量各处理间差异不显著。

综上所述, HMC、YMG 和 HM 都不同程度地提高了土壤速效养分含量,且 HMC 和 HM 对土壤速效养分的影响较为显著。

表 2 不同土壤耕作方式对枣园土壤不同土层养分状况的影响

Table 2 Influence of soil tillage methods on the different soil layers nutrient status in jujube soil

			C .	•	3 3	
土层 Soil layer/cn	处理 Treatment	有机质含量 The organic matter content/(g·kg <sup>-1</sup> )	速效 K 含量 Available K content /(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效 N 含量 Available N content /(g·kg <sup>-1</sup> )	速效 P 含量 Available P content /( mg·kg <sup>-1</sup> )	硝态氮含量 Nitrate N content /(mg·L <sup>-1</sup> )
	CK	49.31±2.08aA	110.87±1.47abAB	25.67±4.07aB	0.67±0.43bB	189.05±1.91abAB
0	YMG	$55.56 \pm 1.05 aA$	117.49±3.12abAB	$37.83 \pm 1.61 aAB$	$0.72 \pm 0.33 \text{ abA}$	$200.97 \pm 3.08 \text{bA}$
U	HM	$56.91 \pm 2.15 aA$	$116.20 \pm 2.38 \text{bAB}$	$33.50 \pm 5.20 aAB$	$0.81 \pm 0.56 \mathrm{bA}$	213.37±3.03abA
	HMC	$57.67 \pm 2.00 aA$	122.24±3.28abA	$32.67 \pm 1.76 aA$	$0.76 \pm 0.16 \mathrm{bA}$	$223.30 \pm 4.45 \text{bA}$
	CK	$51.20 \pm 2.58 aAB$	128.13±5.20aB	$28.00 \pm 0.50 \text{aAB}$	$0.84 \pm 0.08 aAB$	208.68±2.26aB
20	YMG	59.55±4.31aA	$146.02 \pm 1.69 aAB$	$38.83 \pm 0.87 aA$	$0.95 \pm 0.37 aA$	247.73±3.18aAB
20	HM	$60.74 \pm 3.79 aA$	140.11±5.06aA	$35.17 \pm 5.01 aA$	1.14±0.38aA	232.47±3.12aAB
	HMC	$60.93 \pm 1.18 aA$	143.96±3.64aA	$30.83 \pm 1.61 aA$	$0.97 \pm 0.22 aA$	256.90±3.57aA
	CK	48.36±3.21aAB	$105.91 \pm 4.60 \text{abAB}$	$21.00 \pm 3.50 \text{abA}$	$0.63 \pm 0.07 \text{bA}$	$184.32 \pm 2.28 \text{bB}$
40	YMG	$51.39 \pm 3.46 aA$	$109.27 \pm 3.71 \text{bAB}$	$27.83 \pm 3.25 \text{bA}$	$0.69 \pm 0.11  \text{abA}$	$190.86 \pm 4.38 \text{bB}$
40	HM	$55.50 \pm 3.84 aA$	$112.81 \pm 4.01 \text{bA}$	$23.50 \pm 3.91 \text{bA}$	$0.76 \pm 0.29 \text{bA}$	196.41±3.20bB
	HMC	$56.39 \pm 2.15 aA$	$113.31 \pm 5.02 \text{bA}$	$25.83 \pm 2.25 \text{abA}$	$0.74 \pm 0.74 \mathrm{bA}$	$205.30 \pm 2.09 \text{bA}$
	CK	$8.91 \pm 2.27 \text{bA}$	$36.75 \pm 2.42 \text{bA}$	$11.83 \pm 2.47 \text{bA}$	$0.13 \pm 0.07 cA$	$57.77 \pm 2.75 \text{cA}$
60	YMG	$9.36 \pm 2.58 \text{bA}$	$38.64 \pm 4.94 \text{cA}$	$11.93 \pm 4.25 \text{cA}$	$0.15 \pm 0.43 \text{bA}$	$60.96 \pm 1.50 cA$
00	HM	$9.55 \pm 1.96 \text{bA}$	$38.66 \pm 0.91 cA$	$12.03 \pm 2.08 cA$	$0.14 \pm 0.40 cA$	$62.67 \pm 1.52 cA$
	HMC	$8.93 \pm 2.51 \text{bA}$	$39.89 \pm 1.37 \text{cA}$	$12.01 \pm 3.61 \mathrm{bA}$	$0.16 \pm 0.15 cA$	$61.67 \pm 2.96 cA$

注:同列不同字母表示处理间的差异显著(P<0.05)。下同。同列的小写字母表示各指标同一处理不同土层深度间的显著性;大写字母表示各指标同一土层深度不同处理的显著性。

Note: Different letter in same column mean significant differences at 0.05 level under different treaments. The same below. The lowercase letters indicate the significance of the depth of the different soil layers to the same treatment; the capital letters indicate the significance of the different treatments to the depth of the same soil.

#### 2.3 不同耕作方式对枣果果实品质的影响

不同土壤耕作方式对果实内在品质的影响如表 3 所示。与 CK 相比, HMC、HM 和 YMG 处理果实 Vc 含量分别提高 12.00%、10.58%和 1.66%, 其中 HMC 和 HM 显著高于其它处理, HMC 处理的 Vc 含量最高(27.58 mg·(100g)<sup>-1</sup>)。 HM 和 HMC 可溶性糖含量显著高于 YMG 和 CK, 且 HMC 可溶性糖含量最高(14.20%),是 CK 的 1.08 倍。各处理之间蛋白质含量和可滴定酸含量无显著差异,说明 HMC和 HM 对枣果的 Vc 含量、可溶性糖含量影响显著。

表 4 为不同处理枣果实外在品质比较。其中, HMC 处理枣果横径、纵径、单果重、含水量、可食率较高,分别为 30.74 mm、44.22 mm、20.56 g、60.61%和 97.55%,均高于其它处理。对单核重影响从大到小依次为 YMG(0.61)、CK(0.56)、HM(0.53)和 HMC(0.49),HMC 比 YMG、CK、HM 分别低24.49%、14.29%、8.16%。由此可见,HMC 对枣果的横纵径、单果重、含水量、可食率有显著影响。

### 2.4 不同耕作方式与土壤养分和果实品质的相关 性分析

将相关的 16 个指标分析,得相关系数矩阵如表 5。可溶性糖含量与速效 N 和单核重呈负相关,其中与单核重呈显著负相关(P<0.05);可溶性糖含量与其他各指标呈正相关,与 Vc 含量和可滴定酸呈显著正相关(P<0.05),与其他指标的相关性不显著。

表 3 不同耕作方式对果实内在品质的影响

Table 3 Influence of different soil tillage methods on the fruit inner quality

处理 Treatment	Vc 含量 Vc content /(mg・100g <sup>-1</sup> )	蛋白质 含量 Protein content /(mg·g <sup>-1</sup> )	可溶性 糖含量 Soluble sugar content/%	可滴定 酸含量 Titratable acid content/%
CK	24.62±4.23c	1.09±0.34a	$13.16 \pm 2.57 \mathrm{b}$	0.58±0.13a
YMG	$25.03 \pm 4.57 \mathrm{b}$	$1.11 \pm 0.37a$	$13.02\!\pm\!2.59\mathrm{b}$	$0.58 \pm 0.09 a$
HM	$27.23 \pm 5.02a$	$1.13 \pm 0.35 a$	14.05±3.01a	$0.61 \pm 0.15 a$
HMC	27.58±4.97a	$1.39 \pm 0.39a$	$14.20 \pm 3.03 a$	$0.60 \pm 0.13a$

#### 2.5 主成分分析

表 6 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,分别为 6.614、5.485、3.901,前 3 个主成分累加占到总方差的100%,即 3 个主成分包含总体信息,无数据丢失,符合分析要求。因此,可用 3 个主成分的综合变量判断不同土壤耕作方式的适宜性。

表6可看出,第一主成分(PC1)综合 Vc 含量、 蛋白质含量、可溶性糖含量、可滴定酸含量、枣果横 径、枣果纵径、单果重、核重的信息,且在第一主成 分上呈正向分布,即在 PC1 正向坐标值越大,Vc 含 量、蛋白质含量、可溶性糖含量、可滴定酸含量、枣 果横径、枣果纵径、单果重、核重的值越大;第二主 成分(PC2)综合有机质含量、速效 K 含量、速效 N 含量、速效 P 含量、硝态氮含量的信息,其中有机质 含量、速效 K 含量在第二主成分上呈正向分布,速 效 N 含量呈负向分布,即在 PC2 正向坐标值越大, 有机质含量、速效 K 含量的值越大,速效 N 含量的 值越小;第三主成分(PC3)综合土壤温度、含水量、 可食率的信息,其中土壤温度在第一主成分上呈正 向分布,含水量、可食率呈负向分布,即在 PC3 正向 坐标值越大,土壤温度的值越大,含水量、可食率的 值越小。

本研究数据标准化时,负相关指标为 1-x,因此,不同土壤耕作方式的综合得分越高,其适宜性越好。

综合得分:

F=F1×41.336%+F2×34.280%+F3×24.383% 式中,F1,F2,F3 分别为第一~第五主成分。

根据主成分分析结果,各成分的旋转得分系数矩阵转化后的数据,求出3个主成分的综合得分见表7,可以看出,不同耕作方式的效果依次为HMC>HM>YMG>CK。

# 3 讨论与结论

果园地面覆盖是农田保墒的重要措施之一,能改善土壤理化性质、调节地温、增加湿度,提高土壤

表 4 不同耕作方式对果实外观品质的影响

Table 4 Influence of different soil tillage methods on the fruit appearance quality

处理 Treatment	枣果横径/mm Jujube fruit diameter	枣果纵径/mm Jujube fruit vertical diameter	单果重/g Single fruit weight	单核重/g Single nuclear weight	含水量/% Water content	可食率/% Edible rate
CK	28.08±5.79a	43.69±6.03a	17.96±2.68a	0.56±0.13a	56.27±8.74a	96.95±11.26a
YMG	$28.99 \pm 4.95 \mathrm{b}$	$43.20 \pm 6.34a$	$18.57 \pm 2.59a$	$0.61 \pm 0.15a$	$58.43 \pm 8.69a$	96.91±12.07a
HM	$29.99 \pm 5.07 ab$	$43.29 \pm 6.47 a$	$18.70 \pm 2.46a$	$0.53 \pm 0.11a$	59.59±7.79a	96.30±13.61a
HMC	$30.74 \pm 5.83a$	44.22±6.59a	20.56±2.61a	$0.49 \pm 0.10a$	$60.61 \pm 8.05 a$	$97.55 \pm 13.79a$

5 不同耕作方式与土壤温度、土壤养分和果实品质的相关性比较

Table 5 Correlation between different soil tillage methods and soil temperature, nutrient status and fruit quality

	ı														*		
可食率 Edible rate	0.099	0.747	-0.414	-0.011	0.165	-0.401	-0.757	0.446	0.086	-0.277	0.088	0.828	0.799	-0.331	0.982**	-	
含水量 Water content	0.033	999.0	-0.280	-0.192	-0.025	-0.547	-0.684	0.269	-0.015	-0.348	0.175	0.851	0.863	-0.324	1		
单核重 Single nuclear weight	-0.919*	-0.781	-0.449	-0.290	-0.001	0.537	-0.311	-0.234	-0.833	-0.736	-0.856	-0.767	-0.674	_			
单果重 Single fruit weight	0.350	0.697	0.216	-0.269	-0.302	-0.843	-0.488	0.026	0.224	-0.004	0.648	0.973 *	-				
纵径 Vertical diameter	0.505	0.842	0.118	-0.041	-0.095	-0.722	-0.326	0.235	0.410	0.148	0.628	_					
横径 Diameter	0.676	0.396	0.823	-0.178	-0.501	-0.794	0.121	-0.302	0.511	0.559	-						
可滴定酸 Titratable acid	0.925 *	0.426	0.399	0.649	0.291	0.053	698.0	0.306	0.926 *	1							
Vc 含量 Vc content	* 676.0	0.726	0.151	0.755	0.474	0.018	0.724	0.576	1								
硝态氮 Nitrate nitrogen	0.423	969.0	-0.720	0.870	0.945*	0.503	0.346	-									
速效 P Available P	0.647	0.088	0.154	0.762	0.487	0.506	1										
速效 N Available N	-0.175	-0.259	-0.639	0.640	0.755	-											
速效 K Available K	0.288	0.435	-0.758	0.916*	1												
有机质 Organic	0.604	0.500	-0.434	1													
温度 Temperature	0.323	-0.190	1														
蛋白质 Protein	0.720	-															
可溶性糖 蛋白质 温度 Soluble sugar Protein Temperature	-													<del>.</del>	i		
指标Index	可溶性糖 Soluble sugar	蛋白质 Protein	温度 Temperature	有机质 Organic	速效 K Available K	速效 N Available N	速效 P Available P	硝态氮 Nitrate nitrogen	Vc 含量 Vc content	可滴定酸 Titratable acid	横径 Diameter	纵径 Vertical diameter	单果重 Single fruit weight	单核重 Sinole nuclear weight	含水量	Water content 可食率 Fdible rate	EUIDIG TORC

注:\*表示差异显著(P<0.05);\*\*表示差异极显著(P<0.01)。
Note: \* indicates significant difference (P<0.05); \*\* indicates extremely significant difference (P<0.05).

#### 表 6 主成分分析旋转后的成分载荷矩阵

Table 6 Principal component analysis of the component load matrix after rotation

指标	第一主成分	第二主成分	第三主成分
Index	The first principal	The second principal	The third principal
maex	component(PC1)	component(PC2)	component(PC3)
土壤温度 Soil temperature	0.190	-0.379	0.905
有机质含量 Organic matter content	0.398	0.898	-0.187
速效 K 含量 Available K content	0.193	0.824	-0.533
速效 N 含量 Available N content	0.447	-0.858	0.253
速效 P 含量 Available P content	0.226	0.848	0.479
硝态氮含量 Nitrate nitrogen content	0.452	0.638	-0.623
Vc 含量 Vc content	0.831	0.515	0.208
蛋白质含量 Protein content	0.924	0.069	-0.375
可溶性糖含量 Soluble sugar content	0.882	0.349	0.318
可滴定酸含量 Titratable acid content	0.637	0.552	0.538
枣果横径 Jujube fruit diameter	0.701	-0.383	0.601
枣果纵径 Jujube fruit vertical diameter	0.847	-0.472	-0.245
单果重 Single fruit weight	0.726	-0.660	-0.191
单核重 Single nuclear weight	0.960	-0.045	0.276
含水量 Water content	0.499	-0.570	-0.653
可食率 Edible rate	0.538	-0.404	-0.740
特征值 Eigen value	6.614	5.485	3.901
方差贡献率/%	41.226	24 280	24 292
Contribution rate of variance	41.336	34.280	24.383
累计贡献率/%	41.226	75.617	100.000
Cumulative contribution rate of variance	41.336	75.617	100.000

表 7 利用主成分分析法对不同土壤耕作方式各因子指标的综合评价

Table 7 Comprehensive evaluation of factor indexes under different soil tillage methods by principal component analysis

处理	主成分1得分	主成分2得分	主成分3得分	综合得分	排序
Treatment	Main ingredient 1 score	Main ingredient 2 score	Main ingredient 3 score	General score	order
CK	-0.42909	-1.37292	0.389691	-0.40418	4
YMG	-0.99798	0.595393	-0.96526	0.03541	3
HM	0.04532	0.843661	1.22095	0.55177	2
HMC	1.381754	-0.06612	-0.64538	0.79233	1

肥力,促进作物生长,提高作物产量[22-23]。本研究 发现,6-8 月,与 CK 相比, HM 土温较高, 而 YMG 和 HMC 土温低于 CK, 这与张义等[24] 研究结果一致。 匡石滋等[25]研究也发现,YMG和HMC对不同深度 土温均具有明显的降温作用,可缓解高温干旱,维 持果园地表温度的相对稳定。8月份,HM 处理下各 土层的土壤温度显著高于其他处理,与刘克长等[26] 和刘小勇等[27]研究结果相似。地膜覆盖土壤温度 较高,易造成地表水浅层土壤水分含量过高[28],使 枣树吸水根系浮于地表,对枣树根系发育不利。而 HMC 和 YMG 处理下土温相对较低,可能是由于覆 盖减少太阳光对地面的直射,减缓热量向深层的传 递,有效降低水分蒸发,使地表温度升高较慢,这与 曹铨等[29]对果园土壤生草的研究结果一致。因此 HMC 和 YMG 整体增强了土壤温度的相对稳定性, 而 HM 处理的土温相对稳定性能最差。

李会科等<sup>[30]</sup>研究发现,黄土高原旱地苹果园生草能提高土壤有机质和速效养分含量。大量研究表明,生草栽培可显著提高土壤中有机质和速效养分含量,改善土壤结构和环境,促进微生物活动<sup>[31]</sup>。本研究中,YMG、HM和HMC均能提高枣园原有土

壤速效养分含量,促进土壤矿质元素的矿化利用,且 HMC 作用显著,这与吴玉森等[32]的研究结果一致。另外,地膜覆盖尽管减少土壤水分蒸发,但影响着地表透气性,且覆膜时 CO<sub>2</sub> 释放速率低、土壤微生物活性不高,从而对土壤速效养分的提高作用较低[25]。有研究表明,地膜覆盖下土壤速效养分的增加是以消耗土壤肥力为代价,连年地膜覆盖将会导致土壤肥力下降[33];而 YMG 的腐化和分解在一定程度上不如 HMC,所以 YMG 的速效养分含量相比 HMC 较低。本研究中,各覆盖处理 0~20 cm 表层土壤速效养分含量较明显提升,而 60 cm 土层的养分含量提升不显著,这可能是枣树根系从深层土壤中吸收养分,导致养分含量减低,房燕等[34]研究也表明,各覆盖处理及对照中的速效养分质量百分数均随着土层加深而逐渐降低。

果园生草可以减少土壤温度变幅,提高土壤有机质含量,从而改善果实品质<sup>[35]</sup>。本研究发现,YMG、HM和HMC均能不同程度的提高枣果果实品质,其中HMC对Vc含量、蛋白质含量、可溶性糖含量、枣果横径、枣果纵径、单果重、含水量、可食率的影响均显著大于YMG和HM,一方面可能是覆草栽

培抑制了枣树的营养生长,促进了生殖生长,有利于果树开花结果<sup>[36]</sup>;另一方面可能是甘肃中部沿黄灌区土壤有机质缺乏,生草可使枣园环境得到改善,从而使果实品质得到改善<sup>[37]</sup>,这表明 HMC 更适用于枣园覆盖。

综上所述,生草栽培可提高土壤有机质和速效养分含量,减少土温变幅,提高果实品质,为果树连年优质丰产奠定基础。主成分分析在作物性状评价与种质资源的综合评价中得到了广泛运用<sup>[38-39]</sup>,本研究将16个指标综合成为3个主成分因子,可代表4种不同覆盖措施100%的原始数据信息量,彼此间互不干扰,从而达到简化和综合的目的。相关性及主成分分析得出,不同耕作方式的效果为HMC>HM>YMG>CK。因此,HMC是沿黄灌区改善土壤养分,提高枣果品质的最佳枣园覆盖模式,值得推广应用。

#### 参考文献:

- [1] 季元祖,陈晓妮,朱红斌,等.甘肃中部沿黄灌区适宜发展的枣树品种及其栽培管理技术[J].园艺与种苗,2011,(6):9-11,92.
- [2] 杨思存,车宗贤,王成宝,等.甘肃沿黄灌区土壤盐渍化特征及其成因[J].干旱区研究,2014,31(1):57-64.
- [3] 李虹辰,赵西宁,高晓东,等.鱼鳞坑与覆盖组合措施对陕北旱作枣园土壤水分的影响[J].应用生态学报,2014,25(8):2297-2303.
- [4] 高登涛,郭景南,魏志峰,等.果园地面覆盖对土壤质量和苹果生长发育的影响[J].果树学报,2010,27(5):770-777.
- [5] 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.
- [6] 揣峻峰,谢永生,索改弟,等.地膜与秸秆双重覆盖对渭北苹果园土壤水分及产量的影响[J].干旱地区农业研究,2013,31(3):26-30.
- [7] 欧毅,王进,王银合,等.覆盖对山地甜柿园土壤性状及树体生长结果的影响[J].西北农业学报,2005,14(2):158-162.
- [8] Pande K K, Dimri D C, Singh S C. Effect of mulching on soil and leaf nutrient status of apple Malus domestica borkh [J]. Progressive Horticulture, 2006, 38(1):91-95.
- [9] 王耀,孙小娟.不同种植模式下施肥对马铃薯产量和水肥利用效率的影响[J].西北农业学报,2018,27(2).1004-1389.
- [10] 浦俊,徐福利,王渭玲.保墒措施对临猗梨枣叶片矿质元素含量和产量的影响[J].林业科学,2014,50(7):8-16.
- [11] 刘灵芝,吕德国,秦嗣军,等.生草覆盖'寒富'苹果园土壤优势细菌的碳代谢特征研究.[J].园艺学报,2011,38(10):1837-1846.
- [12] 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 Biotecndogy, 2008,7(24): 4500-4507.
- [13] Huang Y, Chen L, Fu B, et al. The wheat yields and water-use efficiency in the Loess Plateau: straw mulch and irrigation effects [J]. Agricultural Water Management, 2007, 72(3):209-222.
- [14] 李欢,李建贵,秦韵婷,等.微气候因子对南疆'灰枣'坐果和果实品质的影响[J].果树学报,2015,32(6):1161-1169.
- [15] 官情,王俊,宋淑亚,等.黄土旱塬区不同覆盖措施对冬小麦农田土

- 壤呼吸的影响[J].应用生态学报,2011,22(6):1471-1476.
- [16] 李传友,熊波,张莉,等.果园残枝粉碎覆盖对土壤理化性状及果实品质的影响[J].中国农业大学学报,2016,21(11):84-92.
- [17] 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.
- [18] 黄金辉,廖允成,高茂盛,等.耕作和覆盖对黄土高原果园土壤水分和温度的影响[J].应用生态学报,2009,20(11):2652-2658.
- [19] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:北京农业出版社,2008.
- [20] 李合生.植物生理生化实验原理与技术[M].北京:高等教育出版 社,2000.
- [21] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [22] Bu L D, Liu J L, Zhu L, et al. The effects of mulching on maize growth, yield and water use in a semi-arid region [J]. Agricultural Water Management, 2013, 123:71-78.
- [23] 武继承,管秀娟,杨永辉.地面覆盖和保水剂对冬小麦生长和降水利用的影响[J].应用生态学报,2011,22(1):86-92.
- [24] 张义,谢永生,郝明德,等.不同地表覆盖方式对苹果园土壤性状及 果树生长和产量的影响[J].应用生态学报,2010,21(2);279-286.
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] 刘小勇,李红旭,李建明,等.不同覆盖方式对旱地果园水热特征的 影响[J] 生态学报,2014,34(3):746-754.
- [28] 马军,雷江,李发永,等.不同覆盖措施对滴灌枣园土壤水热及矿质 氮素的影响[J].干旱地区农业研究,2016,34(1):147-153.
- [29] 曹铨,沈禹颖,王自奎,等.生草对果园土壤理化性状的影响研究进展[J].草业学报,2016,25(8):180-188.
- [30] 李会科,张广军,赵政阳,等.黄土高原旱地苹果园生草对土壤养分的影响[J].园艺学报,2007,34(2):477-480.
- [31] LU D G, ZHAO X Y, MA H Y, et al. Effects of straw mulch on soil nutrient and microbial biomass of apple orchard [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2010, 38(6):104-106(in Chinese with English abstract).
- [32] 吴玉森,张艳敏,冀晓昊,等.自然生草对黄河三角洲梨园土壤养分、酶活性及果实品质的影响[J].中国农业科学,2013,46(1):99-108.
- [33] Bu Y S, Miao G Y, Zhou N J. Analysis and comparison of the effects of plastic film mulching and straw mulching on soil fertility [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2006, 39(5):1069-1075.
- [34] 房燕,安贵阳,董然然,等.旱地苹果园肥水高效利用模式研究[J]. 西北农业学报,2013,22(12):102-105.
- [35] 刘建新.覆草对杏园土壤物理性状、肥力及果实产量与品质的影响 [J].水土保持学报,2004,18(2):184-185.
- [36] 邓丰产,安贵阳,郁俊谊,等.渭北旱塬苹果园的生草效应[J]果树 学报,2003,20(6):506-508.
- [37] 郝淑英,刘蝴蝶,牛俊玲,等.黄土高原区果园生草覆盖对土壤物理性状,水分及产量的影响[J].土壤肥料,2002(10):25-27.
- [38] Upadhyaya H D, Nigam S N, Singh S. Evaluation of groundnut core collections to identify sources of tolerance to low temperature at germination [J]. Plant Genet Resour., 2001, 14:165-167.
- [39] 姜慧芳.花生种质资源描述规范和数据标准[M].北京;中国农业 出版社,2006;11-36.