



# 不同耕作方式对猕猴桃叶片光合特性和果实品质的影响

赵兰君<sup>1</sup>, 苏少峰<sup>1</sup>, 吉文丽<sup>2</sup>, 李卫忠<sup>1</sup>

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学 风景园林艺术学院, 陕西杨凌 712100)

**摘要** 以陕西眉县‘徐香’猕猴桃为试验材料,通过对猕猴桃叶片气体交换参数与光响应曲线及果实品质指标的测定,研究土地清耕(CK)、枝蔓还田(S1)和林下生草(S2)3种土地耕作方式下,猕猴桃叶片光合特性和果实品质的差异。结果表明:与CK相比,S1和S2的光合速率和光响应曲线均差异明显,其中日平均净光合速率分别较CK高14.08%和6.04%,最大净光合速率分别较CK高43.60%和78.10%;S1和S2的果形指数、维生素C质量分数、糖酸比和固酸比等果实品质指标优于CK,其中维生素C质量分数分别较CK高22.76%和12.77%。可见,枝蔓还田和林下生草的土地耕作方式可在不同程度上提高猕猴桃叶片光合作用能力,改善果实品质。对3种土地耕作方式进行科学评价,有益于探索更为合理的猕猴桃果园耕作方式。

**关键词** 猕猴桃;耕作方式;光合特性;果实品质;光响应曲线

**中图分类号** Q945.11

**文献标志码** A

**文章编号** 1004-1389(2018)12-1827-08

土地耕作是农业生产的重要环节之一,通过不同的土地耕作方式,可改善植物生长的土壤环境和微生物群落结构,促进植物生长发育,增强植株光合能力<sup>[1-2]</sup>。合理的土地耕作方式有利于促进土地可持续利用,因而受到国内外学者的高度关注,也是全球环境基金重点关注的研究领域。而光合作用是植物生长发育的基础,植物的净光合速率、蒸腾速率等参数,可反映植物对环境的适应性,光饱和点和光补偿点可反映植物对强光和弱光的适应性<sup>[3]</sup>。对果园来说,提高果树的光合能力是提高果树生产力的决定性因素<sup>[4]</sup>。中国果园的土地耕作方式一般以“清耕法”为主,这种方法单一,且便于操作,但其造成的土地水土流失和利用效益低的问题不容忽视<sup>[5]</sup>。有研究表明,秸秆还田的土地耕作方式不仅可提高土壤水分含量,减少地表径流和株间蒸发<sup>[6-7]</sup>,还可提高作物叶片净光合速率和蒸腾速率<sup>[8]</sup>,有利于缓解水土流失问题,改善土壤质量<sup>[9]</sup>,提高耕地利用效益。果园生草栽培对果园小气候、土壤、果实品质等都有很大影响<sup>[10]</sup>,可起到改良土壤<sup>[11]</sup>、保持水土和提高果实品质的作用。

猕猴桃具有丰富的营养价值和良好的药用价

值,在中国古典文献如《诗经》和《山海经》中都有对猕猴桃的相关记载<sup>[12]</sup>。陕西眉县为中国3大猕猴桃适生区之一<sup>[13]</sup>,对该辖区内猕猴桃进行相关研究具有重要的意义。迄今,关于猕猴桃的研究众多,但多集中于不同品种猕猴桃间光合特性与果实品质的比较<sup>[14-18]</sup>,或环境因子对猕猴桃叶片光合特性与果实品质的影响<sup>[19-24]</sup>,而探讨不同耕作方式下猕猴桃叶片光合特性与果实品质差异的研究鲜有报道。目前,陕西眉县猕猴桃果园采用的主要耕作方式有土地清耕、枝蔓还田和林下生草3种。其中,土地清耕的方式简单易操作且成本较低,但果园产量及果实品质不高。枝蔓还田和林下生草的方式虽成本相对较高,却可提高果园产量及果实品质,创造出更高的经济价值。为改善果园管理模式,提高土地利用效益,本研究以陕西眉县‘徐香’猕猴桃为试验材料,通过测定猕猴桃叶片气体交换参数、光响应曲线以及果实品质指标等,研究土地清耕、枝蔓还田和林下生草3种土地耕作方式间猕猴桃叶片光合特性和果实品质的差异,以期探索出更加合理的果园耕作方式,为猕猴桃果园经营管理及其果实品质的提高提供一定的参考依据。

**收稿日期**:2018-06-07 **修回日期**:2018-07-18

**基金项目**:陕西 GEF 项目区典型生态系统固碳测算及恢复与应对气候变化影响能力研究(K3380217017)。

**第一作者**:赵兰君,女,硕士研究生,从事果树光合与果实品质研究。E-mail:1960019970@qq.com

**通信作者**:李卫忠,男,教授,主要从事森林可持续经营研究。E-mail:liweizhong@nwsuaf.edu

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于中国猕猴桃重要产区陕西眉县田家寨村,该区属暖温带大陆性半湿润气候,年平均气温 13.5 ℃,年平均降水量 650~800 mm,年平均日照时数 2 015.2 h,无霜期 218 d。

### 1.2 试验设计

试验设土地清耕(CK)、枝蔓还田(S1)和林下生草(S2)3 个处理,具体耕作措施为:土地清耕,清除果园内所有杂草,果树修剪后将剪下枝条全部清除;枝蔓还田,清除果园内所有杂草,果树修剪后将剪下枝条全部粉碎还田;林下生草,清除果园内所有杂草并在林下种植三叶草,果树修剪后将剪下枝条全部清除。在猕猴桃盛果期分别在 3 个处理的果园内选取样地,样地大小为 15 m×20 m,3 个处理除耕作方式不同外,土壤肥力及其他田间水肥管理方法等均相同。CK、S1 和 S2 在进行光合作用测定时的土壤相对含水量分别为 20%、19%和 20%,水分条件基本一致。

每个处理选择 3 株长势中等的健康树作为重复。每株树选择结果枝中上部有代表性的 3 片叶进行气体交换参数测定,随后在所选 9 片叶中随机选取 3 片,进行光响应曲线测定。为测定果实品质,每个处理随机采摘树冠东西南北 4 个方向的果实共 12 个<sup>[25]</sup>,带回实验室待测,试验所用的猕猴桃果实均采于最佳采收期。

### 1.3 测定项目及方法

1.3.1 气体交换参数及光响应曲线 气体交换参数的测定于 2017-09-18 至 2017-09-20 进行,天气状况均满足晴朗无风或微风的要求。每天 8:00—18:00,每 2 h 测定 1 次,采用 Li-6400 便携式光合测定系统记录净光合速率( $P_n$ )、气孔导度( $G_s$ )、胞间  $CO_2$  浓度( $C_i$ )、大气  $CO_2$  浓度( $C_a$ )、和蒸腾速率( $T_r$ )等参数,并计算气孔限制值( $L_s$ ),公式如下:

$$L_s = 1 - C_i / C_a$$

光响应曲线测定与气体交换参数测定同步进行,设置的光合有效辐射梯度为 2 000、1 800、1 600、1 400、1 200、1 000、800、600、400、200、100、50、0  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。采用  $Y_e$ <sup>[26]</sup>和叶子飘等<sup>[27]</sup>提出的修正直角双曲线模型对光响应曲线进行拟合,模拟公式如下:

$$P_n(I) = \alpha(1 - \beta I) / (1 + \gamma I) I - R_d$$

式中: $P_n$  为净光合速率, $I$  为光合有效辐射( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), $\alpha$  为表观量子效率, $R_d$  为暗呼吸速率( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), $\beta$  为光抑制项, $\gamma$  为光饱和项。

1.3.2 果实品质 用游标卡尺测定果实的纵径和横径,用电子天平测定单果质量。待果实在室温下自然软化后,采用 2,6-二氯酚法测定果实的维生素 C 质量分数,用手持折光仪测定果实的可溶性固形物质量分数,采用蒽酮比色法测定果实可溶性糖质量分数,采用 NaOH 滴定法测定果实可滴定酸质量分数<sup>[28]</sup>,然后计算糖酸比和固酸比。

### 1.4 数据处理

采用 PASW Statistics 18 进行数据处理与分析,采用 Microsoft Office Excel 2007 绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 土地耕作方式对猕猴桃光合气体交换参数的影响

不同土地耕作方式下猕猴桃叶片  $P_n$  的日变化均呈“双峰”曲线(图 1-A),各处理均在 14:00 出现光合午休现象。3 种土地耕作方式下,猕猴桃叶片  $P_n$  的日变化均表现为早晨和傍晚最低,10:00 达到最大值,上午的  $P_n$  整体上高于下午。8:00—12:00 期间各处理  $P_n$  迅速上升至峰值,然后出现不同程度的下降。下午 14:00—18:00,CK 的  $P_n$  均比 S1 和 S2 小,说明 S1 和 S2 能较快地从光合午休状态中恢复过来。CK、S1 和 S2 均在 16:00 出现第 2 个峰值,且 CK 的峰值分别比 S1 和 S2 低 12.98%和 9.11%。3 种处理的日平均  $P_n$  表现为 S1 最高,S2 次之,CK 最小,S1 和 S2 分别较 CK 高 14.08%和 6.04%,说明 S1 和 S2 处理下猕猴桃叶片的光合能力较强。

3 种不同土地耕作方式下猕猴桃气孔导度( $G_s$ )日变化的规律除 S2 呈先升高后降低的变化趋势外,CK 与 S1 的变化规律与  $P_n$  相似,也呈“双峰”曲线(图 1-B)。从各时间点来看,S1 和 S2 的  $G_s$  均高于 CK,10:00 S1 和 S2 的  $G_s$  分别比 CK 高 26.52%和 21.75%,14:00 S1 和 S2 的  $G_s$  分别比 CK 高 19.49%和 33.63%,16:00 S1 和 S2 的  $G_s$  分别比 CK 高 14.55%和 13.39%。对于 CK 和 S1, $G_s$  的 2 个峰值分别出现在 10:00 和 16:00,对于 S2, $G_s$  在 8:00—12:00 缓慢上升,12:00—18:00 下降。3 种处理的日平均  $G_s$  表现为 S1 和 S2 高于 CK。

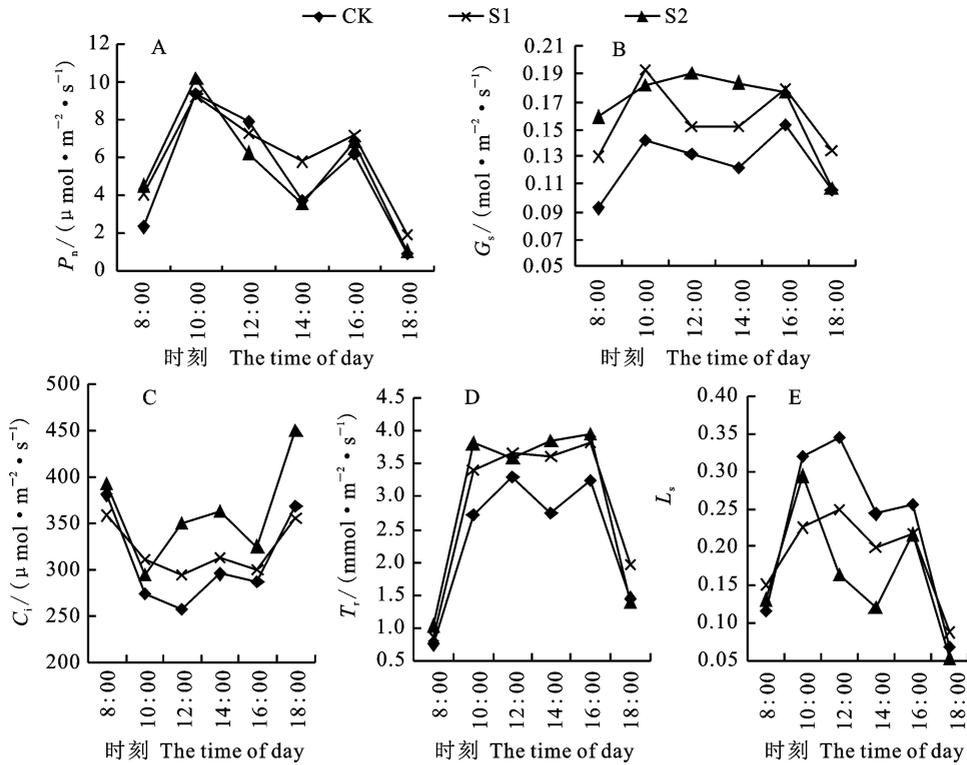


图 1 不同土地耕作方式下猕猴桃气体交换参数的动态变化

Fig. 1 Dynamic change of gas exchange parameters of kiwifruit under different tillage types

3 种不同土地耕作方式下猕猴桃的  $L_s$  和  $T_r$  日变化规律也呈“双峰”曲线的变化趋势,但其峰值出现的时间存在差异(图 1-D 和图 1-E)。CK、S1 和 S2 的  $L_s$  最大值分别出现在 12:00、12:00 和 10:00,  $T_r$  最大值分别出现在 12:00、16:00 和 16:00。

3 种不同土地耕作方式下猕猴桃  $C_i$  日变化的趋势相似,均呈近似于“W”型的变化趋势,最大值均出现在 8:00 和 18:00(图 1-C)。上午随着光合作用的进行,  $C_i$  不断降低,中午  $C_i$  小幅度升高。3 种处理的日平均  $C_i$  表现为 CK 分别比 S1 和 S2 低 3.68% 和 14.35%。

### 2.2 土地耕作方式对猕猴桃光响应曲线及其特征参数的影响

3 种不同土地耕作方式下猕猴桃的光响应曲线变化趋势大致相同(图 2)。光合有效辐射从 0 增加到  $200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  时,3 种处理的  $P_n$  均迅速增加,之后各处理的  $P_n$  增长趋势变得相对缓慢。对于 CK 和 S1,当光合有效辐射大于  $600 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  时,  $P_n$  开始趋于平稳;对于 S2,光合有效辐射大于  $1200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  时,  $P_n$  开始趋于平稳。

利用修正直角双曲线模型对 3 种不同土地耕

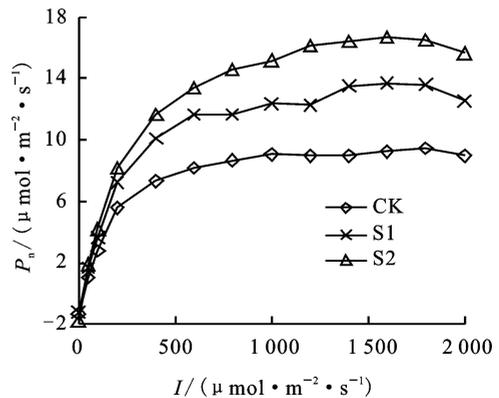


图 2 不同土地耕作方式下猕猴桃光响应曲线

Fig. 2 Light response curves of kiwifruit under different tillage types

作方式下猕猴桃的光响应曲线进行拟合,拟合结果表明 S1 和 S2 均优于 CK(表 1)。从最大净光合速率( $P_{max}$ )可以看出, S2 的  $P_{max}$  最大, S1 次之,分别比 CK 高 78.10% 和 43.68%。3 种处理的光饱和点( $I_m$ )表现为 S2、S1 显著高于 CK,光补偿点( $I_c$ )的大小顺序为 CK>S2>S1,说明 S1 和 S2 对强光和弱光的适应性均比 CK 强。不同土地耕作方式下猕猴桃在弱光条件下的表观量子效率( $\alpha$ )大小顺序为 S2 和 S1 高于 CK,可见 S2 和 S1

利用弱光的能力较强。模拟的暗呼吸速率( $R_d$ ) 大小顺序为 S2 最高, S1 最低。

表 1 不同土地耕作方式下猕猴桃光响应曲线模拟参数( $\bar{x} \pm s$ )

Table 1 Fitting parameters of light response curves of kiwifruit under different tillage types

模拟参数 Simulation parameters	CK	S1	S2
$\alpha/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	0.07±0.01 a	0.08±0.00 a	0.08±0.00 a
$I_m/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	1 495.75±23.02 b	1 811.85±24.24 a	1 854.06±27.84 a
$P_{\text{max}}/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	9.18±0.05 c	13.19±0.05 b	16.35±0.15 a
$I_c/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	24.75±1.28 a	19.65±0.21 b	23.26±0.77 a
$R_d/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	1.51±0.19 ab	1.40±0.05 b	1.80±0.08 a
$R^2$	0.996 6±0.000 2 ab	0.995 1±0.001 7 b	0.998 6±0.000 8 a

注:同行中不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。下同。

Notes: Different lowercase letters in the same row indicate significant differences ( $P<0.05$ ). The same below.

### 2.3 土地耕作方式对猕猴桃果实品质的影响

本研究从果实外观和果实营养物质 2 个方面来评价不同耕作方式下的果实品质。研究得出不同土地耕作方式下猕猴桃的平均单果质量无显著差异,但 S1 的标准差最小,说明枝蔓还田处理下

单果质量更均匀。3 种土地耕作方式下猕猴桃的果形指数为 CK 与 S1 间无显著差异,但显著高于 S2(表 2)。可见,种草处理可以使猕猴桃纵向缩短,更加趋近于球形,外形更加美观。

表 2 不同土地耕作方式下猕猴桃果实外观品质( $\bar{x} \pm s$ )

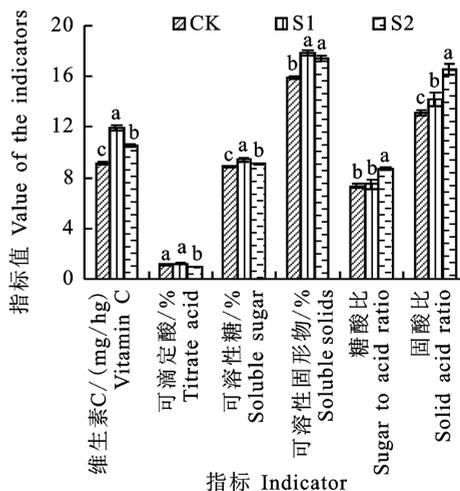
Table 2 Appearance quality of kiwifruit under different tillage types

外观指标 Appearance quality	CK	S1	S2
单果质量/g Single fruit mass	115.20±13.36 a	115.84±10.28 a	112.55±14.81 a
果形指数 Shape index	1.18±0.06 b	1.18±0.07 b	1.10±0.06 a

不同土地耕作方式对猕猴桃果实品质具有显著影响(图 3)。3 种土地耕作方式下猕猴桃果实的维生素 C 质量分数和可溶性糖质量分数均存在显著差异,且大小顺序均为  $S1>S2>CK$ ,其中 S1 和 S2 维生素 C 质量分数分别较 CK 高 22.76%和 12.77%。S2 的可滴定酸质量分数显著低于 CK 和 S1。CK 的可溶性固形物质量分数显著低于 S1 和 S2, S1 和 S2 之间无显著差异。3 种土地耕作方式下猕猴桃果实的糖酸比和固酸比均表现为 S2 显著高于 CK 和 S1,说明 S2 处理下果实口味更甜。CK 和 S1 之间的糖酸比无显著差异,但固酸比表现为 S1 显著高于 CK。

### 3 讨论

对土地进行耕作可以改变土壤结构,从而影响土壤含水量和有机质质量分数等。前人研究表明,秸秆还田能够使土壤腐殖质品质朝好的方向转化,还可以影响土壤微生物和酶活性,进而影响植物的光合作用<sup>[29-30]</sup>。果园生草可以延长果树的光合作用时间<sup>[31]</sup>,提高果树产量,改善果实品质。以猕猴桃叶片光合特性与果实品质为指标,对不



同一指标下不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ ) Different lowercase letters under the same indicator indicating significant differences ( $P<0.05$ )

图 3 不同土地耕作方式下猕猴桃果实营养物质

Fig. 3 The nutrients of kiwifruit under different tillage types

同土地耕作方式进行研究,有利于从光合生理的角度科学地改善果园的耕作方式,提高果实产量与品质。但对土地耕作方式的相关研究多围绕农

作物与农田展开,针对果园的研究鲜有报道。从本研究结果可以看出,枝蔓还田和果园生草处理无论从光合特性还是果实品质方面,均不同程度地优于土地清耕处理。

3种耕作方式下猕猴桃  $P_n$  日变化的趋势均呈“双峰”曲线,且峰值均出现在 10:00 和 16:00,这与陈延松等<sup>[19]</sup>和袁继存<sup>[32]</sup>的研究结果相似。整个日变化过程中,S1 和 S2 的  $P_n$  在多个时间段内高于 CK,说明在相似的光照条件下,进行耕作处理的果园可充分利用光能,产生更多的光合产物。CK 与 S1 的  $G_s$  日变化也呈“双峰”曲线的变化趋势,说明这 2 种处理均存在光合午休现象。S2 仅  $P_n$  日变化呈“双峰”曲线, $G_s$  各个时间点差异却不明显,仅 18:00 时显著低于其他时间点,这与前人的研究呈现出来的规律不同。吴大千等<sup>[33]</sup>提出,气孔对环境因子的响应规律是十分复杂的,各种环境因子间以及环境因子对植物体的作用都存在交互作用,因此推测 S2 是受外界环境因子的影响,在一定程度上导致  $G_s$  日变化规律异常。另外,S2 处理 12:00 时  $G_s$ 、 $C_i$  比较高,而  $P_n$  比较小,这似乎是不合理的。但 Prentice 等<sup>[34]</sup>的研究表明,植物的水分散失和  $CO_2$  吸收之间存在一定的平衡关系,若这种平衡被打破,则会使光合效率降低。S2 处理下,12:00 时  $T_r$  也较高,可能是因为水分大量流失使这种平衡被打破,而导致  $P_n$  比较小。植物光合作用受到限制的原因通常分为气孔限制和非气孔限制<sup>[35-36]</sup>,若  $P_n$ 、 $G_s$  和  $C_i$  下降且  $L_s$  增大,则认为气孔限制是导致光合速率下降的主要原因,若  $P_n$  和  $G_s$  下降  $C_i$  不变或增大且  $L_s$  减小,则认为非气孔限制是导致光合速率下降的主要原因<sup>[19]</sup>。本研究表明,CK 与 S1 在 10:00—12:00  $P_n$  下降的主要原因是气孔限制,CK 的气孔限制更加突出,从整体上看,S1 和 S2 的日平均  $P_n$ 、 $G_s$ 、 $C_i$  和  $T_r$  均高于 CK,且  $L_s$  均小于 CK,可见枝蔓还田处理和林下生草处理对水分运输和调节的能力较高,且在不同程度上缓解植物的气孔限制,提高植物对空气中  $CO_2$  的利用效率,进而提高植物的光合作用。

在植物光合作用过程中,表观量子效率最大值在 0.08~0.125<sup>[37]</sup>。本研究对 3 种土地耕作方式下猕猴桃光响应曲线拟合得出的结果, $\alpha$  在 0.07~0.08,小于理论上的最大值是合理的。无论是枝蔓还田处理还是林下生草处理,均表现为  $P_{max}$  和  $I_m$  高于 CK, $I_c$  低于 CK,说明果园进行耕

作处理后,栽植的果树对光的生态适应能力得到明显提高。同时可以明显看出,随着光照强度的增加,S1 和 S2 的净光合产物累积量均高于 CK<sup>[38]</sup>。值得注意的是,表 2 数据显示,S2 处理在强光下能很好地进行光合作用,然而图 1-E 显示在 12:00—14:00 间的气孔限制值最小,似乎说明 S2 在强光下不能很好地进行光合作用,前后矛盾。Kim 等<sup>[39]</sup>的研究表明,在较高温度(30~35℃)下,Rubisco 活化酶会限制叶片光合潜力的发挥。因此可能是较高的温度限制了 S2 处理在 12:00—14:00 间的光合潜力,而并非是在强光照下不能很好地进行光合作用。然而相似的气温条件下,只有 S2 出现了这种情况,这可能是因为种草后果树微生态环境因子和果树生理过程同时发生复杂的变化,使得果树中的 Rubisco 活化酶对温度更加敏感,引起这种现象的具体原因还需进一步的研究。

果园进行枝蔓还田和林下生草的耕作处理后,在改善猕猴桃外观品质的同时,可以显著提高果实中维生素 C 的质量分数。枝蔓还田的耕作方式提高猕猴桃可溶性糖和可滴定酸质量分数的同时还能增大糖酸比和固酸比,使果实风味更加浓郁,口感更好。此外,果园生草的耕作处理提高猕猴桃的含糖量,降低可滴定酸质量分数,使果实味道偏甜。

## 4 结论

与土地清耕处理相比,枝蔓还田和林下生草的土地耕作方式可以增强猕猴桃对环境的适应能力,提高其对  $CO_2$  和光能的利用效率,改善其光合能力,同时使猕猴桃光饱和点增大,光补偿点减小,提高其对强光与弱光的适应性。果实品质分析表明,枝蔓还田和林下生草的耕作处理可以显著提高果实的维生素 C 质量分数,增大果实的糖酸比与固酸比,在不同程度上改善猕猴桃果实品质。因此,对果园进行耕作时,可优先考虑这 2 种耕作处理。

## 参考文献 Reference:

- [1] 吴金芝,黄明,李友军,等.不同耕作方式对冬小麦光合作用产量和水分利用效率的影响[J].干旱地区农业研究,2008,26(5):17-21.  
WU J ZH, HUANG M, LI Y J, *et al.* Effects of different tillage systems on the photosynthesis functions, grain yield and WUE in winter wheat[J]. *Agricultural Research in the*

- Arid Areas*, 2008, 26(5): 17-21.
- [2] 王 维, 韩清芳, 吕丽霞, 等. 不同耕作模式对旱地小麦旗叶光合特性及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2013, 31(1): 20-26.  
WANG W, HAN Q F, LÜ L X, *et al.* Effects of different tillage patterns on photosynthetic characteristics and yield of dryland wheat[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2013, 31(1): 20-26.
- [3] 姜凤超, 孙浩元, 王玉柱, 等. 4 个南疆杏树品种的光合生理特性[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(2): 102-105.  
JIANG F CH, SUN H Y, WANG Y ZH, *et al.* Photosynthetic characteristics of apricot cultivars (*Prunus armenica*) in southern Xinjiang regions[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2015, 33(2): 102-105.
- [4] 仲启铖, 王江涛, 周剑虹, 等. 水位调控对崇明东滩围垦区滩涂湿地芦苇和白茅光合、形态及生长的影响[J]. 应用生态学报, 2014, 25(2): 408-418.  
ZHONG Q CH, WANG J T, ZHOU J H, *et al.* Effects of water table manipulation on leaf photosynthesis, morphology and growth of *Phragmites australis* and *Imperata cylindrica* in the reclaimed tidal wetland at Dongtan of Chongming Island, China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2014, 25(2): 408-418.
- [5] 白岗栓, 邹超煜, 杜社妮. 渭北旱塬果园自然生草对土壤水分及苹果树生长的影响[J]. 农业工程学报, 2018, 34(3): 151-158.  
BAI G SH, ZOU CH Y, DU SH N. Effects of self-sown grass on soil moisture and tree growth in apple orchard on Weibei dry plateau[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2018, 34(3): 151-158.
- [6] 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*, 2005, 72(3): 209-222.
- [7] 付国占, 李潮海, 王俊忠, 等. 残茬覆盖与耕作方式对土壤性状及夏玉米水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 2005, 21(1): 52-56.  
FU G ZH, LI CH H, WANG J ZH, *et al.* Effect of stubble mulch and tillage managements on soil physical properties and water use efficiency of summer maize[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2005, 21(1): 52-56.
- [8] 赵亚丽, 郭海斌, 薛志伟, 等. 耕作方式与秸秆还田对冬小麦-夏玉米轮作系统中干物质生产和水分利用效率的影响[J]. 作物学报, 2014, 40(10): 1797-1807.  
ZHAO Y L, GUO H B, XUE ZH W, *et al.* Effects of tillage and straw returning on biomass and water use efficiency in a winter wheat and summer maize rotation system[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2014, 40(10): 1797-1807.
- [9] 甄丽莎, 谷 洁, 高 华, 等. 秸秆还田与施肥对壤土酶活性的影响[J]. 西北农业学报, 2012, 21(5): 196-201.  
ZHEN L SH, GU J, GAO H, *et al.* The effect of straws re-
- turning into field on Ion soil enzyme activities[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2012, 21(5): 196-201.
- [10] 寇建村, 杨文权, 韩明玉, 等. 我国果园生草研究进展[J]. 草业科学, 2010, 27(7): 154-159.  
KOU J C, YANG W Q, HAN M Y, *et al.* Research progress on interplanting grass in orchard in China[J]. *Practical Science*, 2010, 27(7): 154-159.
- [11] 冯存良, 陈建平, 张林森. 生草栽培对富士苹果园生态环境的影响[J]. 西北农业学报, 2007, 16(4): 134-137.  
FENG C L, CHEN J P, ZHANG L S. Influence of sod culture to the ecology environment of Fuji orchard[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2007, 16(4): 134-137.
- [12] 徐小彪, 张秋明. 中国猕猴桃种质资源的研究与利用[J]. 植物学报, 2003, 20(6): 648-655.  
XU X B, ZHANG Q M. Researches and utilizations of germplasm resource of kiwifruit in China[J]. *Chinese Bulletin of Botany*, 2003, 20(6): 648-655.
- [13] 周保君. 眉县猕猴桃产业发展研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2013.  
ZHOU B J. The research of Mei county's kiwi fruit industry development [D]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University, 2013.
- [14] 吴 迪, 彭 熙, 李安定, 等. 贵州喀斯特山区猕猴桃光合特性研究[J]. 中国果树, 2015(5): 20-23.  
WU D, PENG X, LI A D, *et al.* Photosynthetic characteristics of kiwifruit in karst areas of Guizhou [J]. *China Fruits*, 2015(5): 20-23.
- [15] 李 旭, 曹万万, 姜 丹, 等. 软枣猕猴桃雌雄株光合特性差异研究[J]. 中国农学通报, 2015(13): 108-112.  
LI X, CAO W W, JIANG D, *et al.* Study on difference of photosynthetic characteristics between female and male *Actinidia arguta* (Seib. et Zucc.) plangch. ex miq [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2015(13): 108-112.
- [16] 黄 涛. 大棚栽培条件下‘红阳’猕猴桃生长发育及果实品质的研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2012.  
HUANG T. Studies on the development and fruit quality of the ‘red sun’ kiwifruit in plastic greenhouse [D]. Chengdou: Sichuan Agricultural University, 2012.
- [17] 彭永宏, 章文才. 猕猴桃的光合作用[J]. 园艺学报, 1994, 21(2): 151-157.  
PENG Y H, ZHANG W C. Studies on the photosynthesis in kiwifruit leaves [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 1994, 21(2): 151-157.
- [18] 钟彩虹, 张 鹏, 韩 飞, 等. 猕猴桃种间杂交新品种‘金艳’的果实发育特征[J]. 果树学报, 2015, 32(6): 1152-1160.  
ZHONG C H, ZHANG P, HAN F, *et al.* Studies on characterization of fruit development of interspecific hybrid cultivar—‘Jinyan’ [J]. *Journal of Fruit Science*, 2015, 32(6): 1152-1160.

- [19] 陈延松,袁华玲,卫文渊,等. 夏季遮阳对‘红阳’猕猴桃净光合速率的影响及其与生理生态因子的关系[J]. 果树学报,2017(9):1144-1151.  
CHEN Y S, YUAN H L, WEI W Y, *et al.* Impact of summer shading on net photosynthetic rate of *Actinidia chinensis* ‘Hongyang’ and its related eco-physiological factors [J]. *Journal of Fruit Science*, 2017(9):1144-1151.
- [20] 何科佳,王中炎,王仁才. 夏季遮阳对猕猴桃园生态因子和光合作用的影响[J]. 果树学报,2007,24(5):616-619.  
HE K J, WANG ZH Y, WANG R C. Effects of overhead shading in summer on ecological factors and photosynthesis of kiwifruit orchard [J]. *Journal of Fruit Science*, 2007,24(5):616-619.
- [21] 董肖,陈毓瑾,陈立,等. 持续强降雨后高温强光对猕猴桃叶片光合和根系代谢的影响[J]. 果树学报,2018,35(7):817-827.  
DONG X, CHEN Y J, CHEN L, *et al.* The analysis of photosynthesis and root metabolism effect of high temperature and strong light on kiwi trees after sustained heavy rainfall [J]. *Journal of Fruit Science*, 2018, 35(7):817-827.
- [22] 莫凌,韦兰英,张中峰,等. 桂北中华猕猴桃光合蒸腾特性及其影响因子研究[J]. 西南农业学报,2008,21(4):968-971.  
MO L, WEI L Y, ZHANG ZH F, *et al.* Photosynthetic, transpiration characteristics and its affecting factors in leaves of *actinidia chinensis* [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2008,21(4):968-971.
- [23] 黄春辉,曲雪艳,刘科鹏,等. ‘金魁’猕猴桃园土壤理化性状、叶片营养与果实品质状况分析[J]. 果树学报,2014,31(6):1091-1099.  
HUANG CH H, QU X Y, LIU K P, *et al.* Analysis of soil physicochemical properties, leaf nutrients and fruit qualities in the orchards of ‘Jinkui’ kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) [J]. *Journal of Fruit Science*, 2014, 31(6):1091-1099.
- [24] JIN F L, ZHANG F W, YUE X, *et al.* Correlation between leaf size and fruit quality of kiwi[J]. *Agricultural Science of Technology*, 2016,17(11):2469-2472,2488.
- [25] 刘科鹏,黄春辉,冷建华,等. ‘金魁’猕猴桃果实品质的主成分分析与综合评价[J]. 果树学报,2012,29(5):867-871.  
LIU K P, HUANG CH H, LENG J H, *et al.* Principal component analysis and comprehensive evaluation of the fruit quality of ‘Jinkui’ kiwifruit [J]. *Journal of Fruit Science*, 2012,29(5):867-871.
- [26] YE Z P. A new model for relationship between irradiance and the rate of photosynthesis in *Oryza sativa*[J]. *Photosynthetica*, 2007,45(4):637-640.
- [27] 叶子飘,康华靖. 植物光响应修正模型中系数的生物学意义研究[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版),2012,33(2):51-57.  
YE Z P, KANG H J. Study on biological significance of coefficients in modified model of photosynthesis irradiance [J]. *Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Science Edition)*, 2012,33(2):51-57.
- [28] 曹建康,姜微波,赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京:中国轻工业出版社,2007.  
CAO J K, JIANG W B, ZHAO Y M. Experimental Guidance of Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007.
- [29] 赵亚丽,郭海斌,薛志伟,等. 耕作方式与秸秆还田对土壤微生物数量、酶活性及作物产量的影响[J]. 应用生态学报,2015,26(6):1785-1792.  
ZHAO Y L, GUO H B, XUE ZH W, *et al.* Effects of tillage and straw returning on microorganism quantity, enzyme activities in soils and grain yield[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2015,26(6):1785-1792.
- [30] 刘军,景峰,李同花,等. 秸秆还田对长期连作棉田土壤腐殖质组分含量的影响[J]. 中国农业科学,2015,48(2):293-302.  
LIU J, JING F, LI T H, *et al.* Effects of returning stalks into field on soil humus composition of continuous cropping cotton field[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2015, 48(2):293-302.
- [31] 牛俊玲,解思敏. 果园生草对苹果树光合特性影响的研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2000(4):353-355.  
NIU J L, XIE S M. Study on the effect of pasture-planting on the photosynthetic properties of apple trees[J]. *Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition)*, 2000(4):353-355.
- [32] 袁继存. 不同猕猴桃种的光合特性比较研究[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2010.  
YUAN J C. The research on photosynthetic characteristics of different kiwifruit species[D]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University, 2010.
- [33] 吴大千,徐飞,郭卫华,等. 中国北方城市常见绿化植物夏季气孔导度影响因素及模型比较[J]. 生态学报,2007,27(10):4141-4148.  
WU D Q, XU F, GUO W H, *et al.* Impact factors and model comparison of summer stomatal conductance of six common greening species in cities of Northern China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007,27(10):4141-4148.
- [34] PRENTICE I C, DONG N, GLEASON S M, *et al.* Balancing the costs of carbon gain and water transport: testing a new theoretical framework for plant functional ecology. [J]. *Ecology Letters*, 2013,17(1):82-91.
- [35] AND G D F, SHARKEY T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. *Annual Reviews of Plant Physiology*, 2003,33(33):317-345.
- [36] 许大全. 光合作用气孔限制分析中的一些问题[J]. 植物生理学报,1997,33(4):241-244.  
XU D Q. Some problems in stomatal limitation analysis of

- photosynthesis [J]. *Plant Physiology Journal*, 1997, 33(4):241-244.
- [37] 孙旭生,林 琪,赵长星,等. 施氮量对超高产冬小麦灌浆期旗叶光响应曲线的影响[J]. *生态学报*, 2009, 29(3): 1428-1437.
- SUN X SH, LIN Q, ZHAO CH X, *et al.* Effect of nitrogen application rate on light response curves of flag leaves in super-high yielding winter wheat at grain filling stage[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(3):1428-1437.
- [38] 苏芸芸,王康才,李 丽. 5 个不同产地藜香叶片解剖结构与光合特性比较研究[J]. *西北植物学报*, 2016, 36(1):78-84.
- SU Y Y, WANG K C, LI L. Study on leaf anatomical structure and photosynthetic characteristics of agastache rugosa from different areas[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2016, 36(1):78-84.
- [39] KIM K, PORTIS A R. Temperature dependence of photosynthesis in arabidopsis plants with modifications in rubisco activase and membrane fluidity [J]. *Plant and Cell Physiology*, 2005, 46(3):522.

## Effects of Different Tillages on Leaves Photosynthetic Characteristics and Fruit Quality of Kiwifruit

ZHAO Lanjun<sup>1</sup>, SU Shaofeng<sup>1</sup>, JI Wenli<sup>2</sup> and LI Weizhong<sup>1</sup>

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China; 2. College of Landscape Architecture and Arts, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China)

**Abstract** The ‘Xuxiang’ kiwifruit tree in Mei county of Shaanxi was chosen as the study material. This study determined the gas exchange parameters and light response curves of kiwifruit leaves and the fruit quality. Sample plots regarding three kinds of tillage operated in kiwifruit orchard were selected respectively: cleaning underneath as control (CK), pruned branches returning to the field (S1) and planting grasses between trees (S2). The results showed that: in comparison with CK, the photosynthetic rate and light response curves of S1 and S2 were significantly different. The daily average net photosynthetic rate was 14.08% and 6.04% higher than that of CK, and the maximum net photosynthetic rate was 43.68% and 78.10% higher than that of CK, respectively. The fruit quality indexes such as fruit shape index, the mass fraction of vitamin C, sugar-acid ratio and the solid-acid ratio of S1 and S2 were better than those of CK. The mass fraction of vitamin C in S1 and S2 treatment was 22.76% and 12.77% higher than that of CK treatment, respectively. In conclusion, the pruned branches returning to the field (S1) and planting the grasses between the trees (S2) can improve the photosynthetic of kiwifruit trees and make the fruit quality better.

**Key words** Kiwifruit; Tillage way; Photosynthetic characteristics; Fruit quality; Light response curve

**Received** 2018-06-07      **Returned** 2018-07-18

**Foundation item** Carbon Sequestration Calculation and Recovery of Typical Ecosystem in GEF Project Area in Shaanxi Province, China (No. K3380217017).

**First author** ZHAO Lanjun, female, master student. Research area: fruit photosynthesis and fruit quality. E-mail: 1960019970@qq.com

**Corresponding author** LI Weizhong, male, professor. Research area: sustainable forest management. E-mail: liweizhong@nwsuaf.edu.cn

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