

孟令松, 艾斯开尔·买海提, 黄余周, 等. 副梢处理对红先锋葡萄光合特性和果实品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(12): 95–98.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.12.022

副梢处理对红先锋葡萄光合特性和果实品质的影响

孟令松¹, 艾斯开尔·买海提², 黄余周¹, 陶建敏¹

(1. 南京农业大学园艺学院, 江苏南京 210095; 2. 新疆维吾尔自治区克州林业工作管理站, 新疆克州 845350)

摘要:以 5 年生红先锋葡萄为试验材料, 设结果枝所有节位的副梢单叶绝后、副梢保留 2 叶摘心、副梢保留 4 叶摘心 3 个处理, 以疏除结果枝所有副梢为对照, 研究不同副梢处理对葡萄果实邻近叶片光合特性、叶绿素含量、果实品质的影响。结果表明, 保留副梢处理的红先锋葡萄, 果实转色期时果实邻近叶片的最大净光合速率、表观量子效率、叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量及总叶绿素含量提高; 副梢分别保留 2 叶、4 叶的处理, 其果实纵径、可溶性固形物含量、固酸比显著高于对照 ($P < 0.05$), 而副梢单叶绝后对果实品质的提升不明显; 副梢保留 2 叶摘心的处理可明显延缓果实邻近叶片净光合速率的下降, 从转色期开始其净光合速率明显高于其他处理 ($P < 0.05$), 且管理用工量相对较小。综合分析认为, 副梢保留 2 叶摘心处理的表现相对最好。

关键词:红先锋葡萄; 副梢处理; 光合特性; 果实品质; 净光合速率; 表观量子效率; 固酸比; 摘心

中图分类号: S663.104 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)12-0095-04

红先锋葡萄 (*Vitis vinifera* × *V. labrusca*) 为日本山形市渡边久仁男发现的先锋变异, 为四倍体欧美杂交种, 果穗质量 500~600 g; 果粒大, 平均质量 20 g; 果皮浓紫红色, 果粉比先锋厚; 果实草莓香味, 风味佳; 不裂果, 浆果比先锋耐运输^[1]。

葡萄副梢由夏季生长期新梢叶腋处的早熟性芽萌发而来^[2], 生长于水热充沛的春末至秋初, 生长迅速, 并会萌发多次副梢。摘心是副梢处理的重要方法, 在葡萄夏季管理过程中, 新梢摘心与副梢处理可占全部工作时间的 30%~50%^[3]。合理使用葡萄副梢可以改善其叶龄结构, 增加有效叶面积, 对减少用工、提高果实品质具有重要的意义。处理葡萄副梢的方式一般认为有 3 种, 一是对于生长强壮树, 结果枝顶端留 1 个副梢、留 3~4 叶反复摘心, 其余副梢留 1 叶反复

摘心; 二是对于初结果树, 将果穗以下副梢从基部抹除, 果穗以上副梢留 1 叶反复摘心, 最顶端 1 个副梢留 2~4 叶反复摘心; 三是对棚架、篱架栽培的成龄树, 结果枝只保留最顶端 1 个副梢、留 2~3 叶反复摘心, 其余副梢从基部抹除^[4]。在生产中发现, 去除全部副梢的叶片, 生长季节的主梢基部叶片过早衰老, 没有副梢的主梢叶片后期整体光合能力下降, 不利于果实糖分积累和着色^[5], 而多留副梢有利于保持主梢叶片的光合能力。本试验通过研究红先锋葡萄副梢保留不同数量叶片摘心对叶片光合特性和果实品质的影响, 以探讨红先锋葡萄合理的副梢处理方式, 为生产提供技术指导。

1 材料与方法

1.1 试验设计

本试验于 2016 年 4—10 月在南京农业大学汤山葡萄试验基地进行, 试材选用 5 年生红先锋葡萄, 平棚架“H”形整形, 南北走向避雨栽培, 行株距为 6.0 m × 3.0 m。选择长势相近的植株 8 株, 当主梢长至 1.5 m 长时进行摘心。在保留所有约 10 个节位副梢的基础上, 试验设 3 个处理, 处理 1: 副梢单叶绝后, 即副梢留 1 叶摘心, 并掐除其腋芽, 每条结果枝约 23 张叶片; 处理 2: 每个副梢留 2 叶摘心, 每条结果枝约 32

收稿日期: 2017-01-12

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项 (编号: CARS-30); 国家“948”重点项目 (编号: 2016-X19)。

作者简介: 孟令松 (1993—), 男, 江苏徐州人, 硕士研究生, 从事果树生理及栽培技术研究。E-mail: truthandlove@qq.com。

通信作者: 陶建敏, 博士, 教授, 博士生导师, 从事葡萄栽培育种及生物技术研究。E-mail: tjm266@sina.com。

[15] 景 涛, 谢会成, 孙居文, 等. 向日葵对苯胺废水的光合生理响应及净化效果[J]. 生态学报, 2017, 37(18): 6091–6098.

[16] 李 菲. 典型喀斯特山区不同植被类型土壤水分动态变化及其对植物光合作用的响应[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2016.

[17] 郑素兰, 康红涛, 连先发. 漳州市 13 种园林植物光合及蒸腾特性[J]. 福建林业科技, 2015, 42(4): 37–41.

[18] 郑 勉, 闵天禄. 中国植物志 第四十五卷 第一分册[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 111–113.

[19] 祁承经, 汤庚国. 树木学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005: 400–401.

[20] 余叔文. 植物生理与分子生物学[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 323–356.

[21] 蒋跃林, 张庆国, 张仕定, 等. 小麦光合特性、气孔导度和蒸腾速率对大气 CO₂ 浓度升高的响应[J]. 安徽农业大学学报, 2005, 32(2): 169–173.

[22] 唐 辉, 李 锋, 王满莲, 等. 广西岩溶特有药用植物广西美登木的光合生理特性研究[J]. 河南农业科学, 2009(8): 113–116.

[23] 张 晔. 黄金间碧竹等 18 种观赏竹的空气负离子浓度和光合特性研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2011.

[24] 刘 娟, 马 媛, 廖 康, 等. 新疆主栽杏品种的光响应曲线[J]. 经济林研究, 2012, 30(1): 45–50.

[25] 迟丽华, 宋凤斌. 松嫩平原 4 种植物光合作用光响应特性的研究[J]. 吉林农业大学学报, 2007, 29(2): 119–122, 138.

张叶片;处理3:副梢留4叶摘心,每条结果枝约50张叶片。以不保留副梢的为对照(CK),每条结果枝约13张叶片。每个结果枝留1穗果,每穗疏果至40粒。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 净光合速率 分别于2016年5月16—17日(幼果期)、6月13—14日、7月13—14日(硬核期)、8月13—14日(转色期)、9月23日的晴天09:00—11:30,选取果实邻近叶片(果实上部1~2张叶片)中长势和着生角度一致的叶片,用美国LI-COR公司生产的Li-6400便携式光合测定仪测定叶片的净光合速率(P_n),流速设定为500 $\mu\text{mol/s}$,叶室内光照度设定为棚内实际光照度。每个处理重复9次,取平均值。

1.2.2 光响应曲线 于2016年8月9—13日,选取长势和着生角度相对一致的果实邻近叶,分别测定光照度为0、20、50、100、200、400、600、800、1 000、1 200、1 600、2 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时叶片的净光合速率、气孔导度(G_s)、胞间二氧化碳浓度(C_i)、蒸腾速率(T_r)等指标,以大气为 CO_2 源,流速设定为500 $\mu\text{mol/s}$ 。重复3次,取平均值,制作光响应曲线。

1.2.3 叶绿素含量 8月14日,取当天光合测定的叶片,参照舒展等的方法^[6]测定叶绿素含量,重复3次。

1.2.4 果实品质 9月5日,采摘不同处理的红先锋葡萄果粒,在果穗上、中、下部位取大小适中的果粒各1粒,每个处理30粒,分别用电子游标卡尺、1/100电子天平、手持式折光仪、酸碱滴定法测定果粒的纵横径、单果质量、可溶性固形物含量、可滴定酸等果实品质指标。

1.3 数据处理

采用Excel 2010软件对数据进行统计、绘图,采用SPSS 16.0软件进行Duncan's新复极差法差异性检验。采用直角双曲线修正模型对测定得到的叶片光响应曲线进行非线性拟合,直角双曲线修正模型表达式^[7]如下:

$$P_n(I) = \alpha \frac{1 - \beta I}{1 + \gamma I} - R_d$$

式中: I 为光合有效辐射强度; $P_n(I)$ 为光照度为 I 时的净光合速率; α 为表观量子效率; R_d 为暗呼吸速率; β 为修正系数, γ 是一个与光照度无关的系数。

2 结果与分析

2.1 不同副梢处理对红先锋葡萄果实邻近叶片净光合速率的影响

由图1可知,从5月17日到9月23日,各处理叶片净光合速率的变化特征表现为单峰曲线,而峰值出现的时间有所不同;从5月17日开始,各处理的净光合速率保持较高水平上升趋势;7月中旬,处理1、处理3、对照的叶片净光合速率达到最大值,之后迅速下降,可能是由叶片衰老造成的;处理2的叶片净光合速率持续上升至8月13日,这可能是由于副梢保留2叶延缓了叶片的衰老;7月中旬及之前的各处理叶片净光合速率与对照相比差异不明显,自8月中旬(转色期)开始,保留副梢的各处理叶片净光合速率均明显高于对照,其中,处理1、处理3之间差异不明显,但均明显低于处理2,说明保留副梢使基部叶片的光合能力明显提高,有利于光合产物的积累。

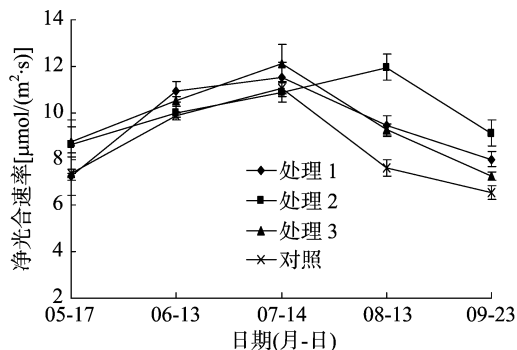


图1 不同副梢处理对葡萄果实邻近叶片净光合速率的影响

2.2 副梢处理对转色期红先锋葡萄果实光合参数的影响

植物叶片表观量子效率高低反映植物吸收与转化光能色素蛋白质复合体的多寡及利用弱光能力的强弱^[8],而在适宜的温度和二氧化碳浓度条件下,光饱和时的光合速率完全取决于叶片自身的光合能力,因此最大净光合速率也称光合能力^[9],可反映植物叶片的光合潜力。由表1可知,利用直角双曲线修正模型拟合的光响应曲线其 R^2 值均在0.99以上,说明各处理的拟合效果相对较好;在果实转色期,对照处理的果实邻近叶片表观量子效率相对较低,明显低于其他处理,可见保留副梢的处理,其叶片对弱光的利用能力相对较强,且随着副梢保留叶片数量的增加,果实邻近叶片表观量子效率呈先上升后下降趋势,副梢保留2叶的处理其表观量子效率相对最大;处理2、处理3的叶片最大净光合速率相对较高,明显高于对照,而处理1与对照差别较小;各处理的光补偿点和暗呼吸速率相差较小。

2.3 不同副梢处理对红先锋葡萄果实邻近叶片光响应曲线的影响

2.3.1 净光合速率 由图2可知,光合有效辐射(PAR)低于200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,随着PAR的增强,各处理的净光合速率快速增加,上升趋势近似直线,各处理之间差异不明显;随着PAR的继续增强,净光合速率增加速度趋缓,各处理的净光合速率间出现较大差异,最大净光合速率也有明显差异;PAR大于1 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,对照处理的叶片出现轻微的光抑制,而处理1、处理2、处理3未出现,说明保留副梢的各处理果实邻近叶光合能力明显高于对照,能提高叶片对光合有效辐射的响应。

2.3.2 气孔导度 由图3可知,随着PAR的增强,各处理的叶片气孔导度呈先上升后趋于平稳的态势;光合有效辐射在0~200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,各处理的叶片气孔导度增加较快,处理1、处理2的叶片气孔导度差异不明显,而明显高于对照和处理3,处理3、对照处理的叶片气孔导度差异不明显;PAR在1 200~2 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,各处理气孔导度趋于稳定,处理2的气孔导度明显高于其他处理,处理3与对照之间依然没有明显差异;PAR大于1 600 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,对照的叶片气孔导度出现轻微下降,而保留副梢的各处理均未出现下降;在设定光照度范围内,处理1、处理2的叶片气孔导度始终明显高于对照,说明适当保留副梢有利于果实邻近叶片气体交换能力的提高。

2.3.3 胞间二氧化碳浓度 胞间二氧化碳浓度下降越快,表明叶片对 CO_2 的利用速率越快,其值越低,表明叶片对 CO_2

表 1 副梢处理对红先锋葡萄果实转色期光合参数的影响

处理	表观量子效率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	最大净光合速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	光补偿点 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	暗呼吸速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	模型拟合 R^2 值
对照(CK)	0.045	9.55	64.65	3.146 3	0.997
1	0.058	10.59	52.17	3.132 3	0.998
2	0.067	12.64	57.64	3.253 2	1.000
3	0.059	11.97	50.97	3.407 0	0.999

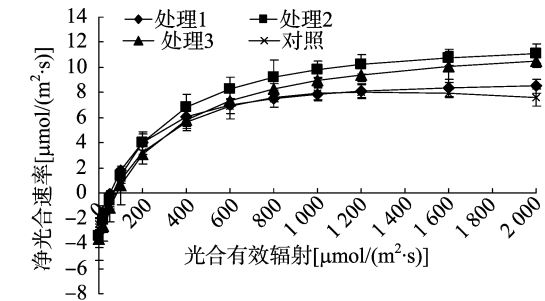


图2 不同副梢处理对红先锋葡萄叶片光响应曲线的影响

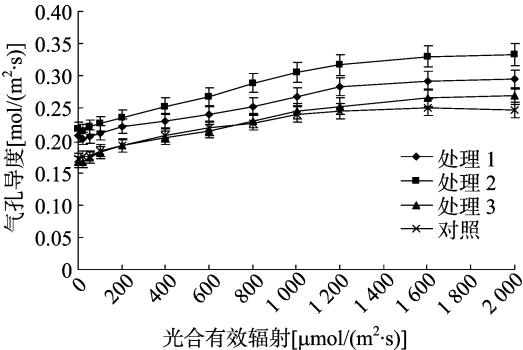


图3 不同副梢处理对红先锋葡萄果实邻近叶片气孔导度的影响

的利用率越高。由图 4 可知,随着光合有效辐射的增强,各处理的叶片胞间二氧化碳浓度呈先迅速下降后趋于平缓的态势;PAR 低于 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,各处理叶片的 C_i 随 PAR 的增大而快速下降,且相互间差异不明显;PAR 在 200 ~ 600 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时, C_i 下降速度逐渐减缓;PAR 高于 600 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,叶片胞间二氧化碳浓度变化平缓,处理 1、处理 3 的 C_i 明显低于对照,说明处理 1、处理 3 明显提高了叶片对 CO_2 的利用率,而适当保留副梢有利于果实邻近叶片光合效率的提高。

2.3.4 蒸腾速率 由图5可知,随着光合有效辐射的增强,

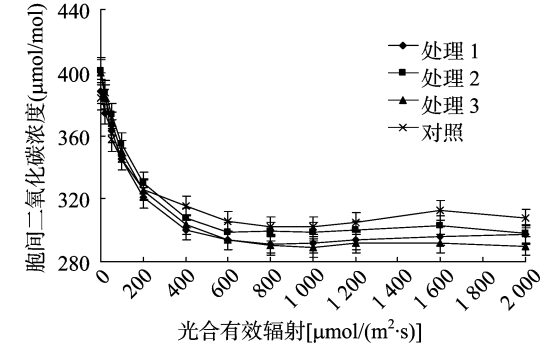


图4 不同副梢处理对红先锋葡萄果实邻近叶片胞间二氧化碳浓度的影响

各处理的叶片蒸腾速率呈上升趋势;PAR 小于 1 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,各处理的叶片蒸腾速率增长相对较快;PAR 大于 1 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,各处理的叶片蒸腾速率增长趋于平缓,处理 1 的叶片蒸腾速率与对照无明显差异,处理 2 的果实邻近叶片蒸腾速率始终明显大于对照,处理 3 的叶片也在光合有效辐射大于 1 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 后明显大于对照。因此,合适地保留副梢在一定程度上可提高果实邻近叶的蒸腾速率,以保留 2 叶摘心相对最为明显。

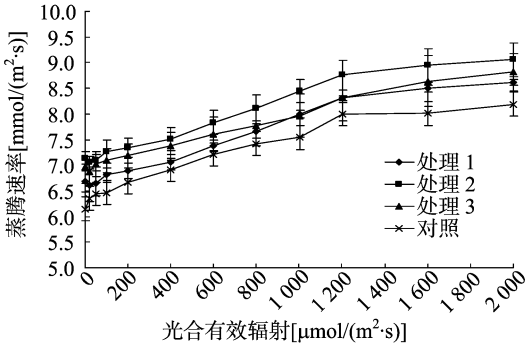


图5 不同副梢处理对红先锋葡萄果实邻近叶片蒸腾速率的影响

2.4 不同副梢处理对红先锋葡萄果实邻近叶片叶绿素含量的影响

在植物色素系统中,参与光合作用的主要是叶绿素,参与光能吸收和光化学反应^[9],而叶绿素含量的高低与组成会直接影响叶片的光合速率。由表 2 可知,保留副梢的 3 个处理其叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素含量显著高于对照 ($P < 0.05$),且 3 个处理间差异不显著,说明保留副梢可提高叶片的叶绿素含量,有利于果实邻近叶片光合作用的进行;各处理叶绿素 a 与叶绿素 b 的比值相互间差异不显著。

表 2 不同副梢处理对红先锋葡萄果实邻近叶片叶绿素含量的影响

处理	叶绿素 a 含量 (mg/g)	叶绿素 b 含量 (mg/g)	总叶绿素含量 (mg/g)	叶绿素 a/ 叶绿素 b
对照	1.38 ± 0.130b	0.72 ± 0.063b	2.10 ± 0.180b	1.92 ± 0.062a
1	1.76 ± 0.071a	0.91 ± 0.039a	2.67 ± 0.110a	1.94 ± 0.017a
2	1.67 ± 0.049a	0.88 ± 0.020a	2.55 ± 0.067a	1.91 ± 0.032a
3	1.68 ± 0.032a	0.90 ± 0.034a	2.58 ± 0.057a	1.87 ± 0.066a

注:同列数据后标有不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。下表同。

2.5 不同副梢处理对红先锋葡萄果实大小和品质的影响

果实纵横径、单果质量、固酸比等是衡量果实品质的重要指标。由表 3 可知,处理 2、处理 3 的果实纵径显著高于对照,处理 3 的果粒质量显著高于对照 ($P < 0.05$),各处理间的横径、果形指数则未表现出显著差异;处理 1 的果实大小(单果质量与横、纵径)与对照差异不显著。由表 4 可知,保留副

梢的 3 个处理的果实可溶性固形物含量有显著提高 ($P < 0.05$); 与对照相比, 处理 2、处理 3 的可滴定酸含量显著降低, 固酸比显著提高 ($P < 0.05$)。可见, 合适的副梢处理可使

果粒增大、果实品质提高, 但果实形状并未发生改变; 副梢单叶绝后对果实大小、品质的提升不明显, 而分别保留 2、4 叶摘心则可显著提高果实品质。

表 3 不同副梢处理对红先锋葡萄果实大小的影响

处理	横径 (mm)	纵径 (mm)	果形指数	单果粒质量 (g)	单果粒质量增幅 (%)
对照	24.82 ± 0.42a	32.41 ± 0.62b	1.31 ± 0.016a	12.84 ± 0.19b	
1	25.21 ± 0.43a	33.89 ± 0.18ab	1.35 ± 0.023a	13.42 ± 0.54ab	4.52
2	26.45 ± 0.54a	34.40 ± 0.49a	1.30 ± 0.012a	14.57 ± 0.36ab	13.47
3	26.51 ± 0.85a	35.57 ± 0.29a	1.34 ± 0.047a	14.70 ± 0.37a	14.49

表 4 副梢处理对红先锋葡萄果实品质的影响

处理	可溶性固形物		可滴定酸		固酸比
	含量 (%)	增幅 (%)	含量 (%)	降幅 (%)	
对照	19.06 ± 0.033b		0.35 ± 0.004 6a		55.10 ± 0.70b
1	19.75 ± 0.230a	3.62	0.34 ± 0.006 3a	2.86	58.07 ± 0.68ab
2	20.03 ± 0.120a	5.09	0.32 ± 0.004 7b	8.57	62.86 ± 0.93a
3	20.02 ± 0.034a	5.04	0.32 ± 0.002 1b	8.57	61.75 ± 0.39a

3 结论与讨论

果树器官的分化、建造、产量形成与品质优劣都是以光合速率和净光合累积为基础的^[10], 足够的叶面积和较高的光合能力是葡萄果实高产优质的前提。植物净光合速率光响应曲线描述的是光量子通量密度与植物净光合速率之间的关系, 即净光合速率随光照度的变化特征^[11], 是衡量叶片光合能力的重要指标。本试验结果表明, 在果实转色期, 副梢分别保留 2、4 叶摘心均明显提高了果实邻近叶片的表现量子效率和最大净光合速率, 降低了光补偿点, 增强了叶片对弱光的利用能力; 保留 2 叶摘心, 果实邻近叶片的净光合速率、气孔导度、蒸腾速率明显高于其他处理, 胞间二氧化碳浓度与其他处理相比没有明显差异, 这可能是由于较高的气孔导度使细胞内外气体交换能力增强, 及时补充了光合作用消耗的 CO₂; 红先锋葡萄果实邻近叶片的净光合速率从坐果期到果实采收后呈单峰曲线, 不同处理的光合峰值出现时间略有不同, 从果实转色期开始至果实采收, 保留副梢处理的净光合速率均高于对照处理, 保留 2 叶摘心处理的果实邻近叶片净光合速率下降推迟约 30 d。副梢保留 2 叶摘心对果实邻近叶片的光合作用提升最为明显, 这与刘万好等的研究结论^[12]一致。

项殿芳等研究指出, 所有副梢均留 2~3 叶反复摘心的叶面积指数相对较高, 果实产量和品质提高^[13]。Kliwer 等试验表明, 当葡萄叶果比低于临界值 10 cm²/g 时, 浆果的可溶性固形物含量将会降低^[14]。李亚东等认为, 粉红色葡萄要想着色良好, 每个平均质量为 0.636 kg 的果穗需要 22~26 张叶片^[4]。董婕研究表明, 过高的叶果比会降低果实品质, 相对于保留全部副梢, 适当程度的副梢修剪可以提高酿酒葡萄的果实品质^[15]。本试验保留副梢摘心留叶的 3 个处理的叶果比在 22:1~50:1 之间, 而对照处理的叶果比为 13:1, 低于临界值, 保留副梢摘心留叶的 3 个处理果实可溶性固形物含量均显著高于对照, 这与 Kliwer 等的研究结论^[14]吻合。合理的叶龄结构是果实品质提升的重要措施。郁松林等研究表明, 果实成熟期无论是端部还是基部主梢叶的净光合速率均低于副梢叶, 多留副梢叶片有利于浆果成熟和着色^[16]。本试验表明, 副梢保留 4 叶摘心的处理萌发较多的二次副梢, 导致用工量增大。因此, 对于红先锋葡萄, 副梢保留 2 叶摘心的

综合表现相对最好, 可在生产中推广应用。

参考文献:

[1] 赵常青, 夏松巍, 蔡之博. 日本近年培育的部分葡萄新品种[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2009(9): 42-43.

[2] Zhao C, Wu Y, Engelmann F, et al. Cryopreservation of axillary buds of grape (*Vitis vinifera*) in vitro plants[J]. Cryo Letters, 2001(22): 321-328.

[3] 孙伟, 房玉林, 张振文, 等. 简化叶幕管理对酿酒葡萄生长及品质的影响[J]. 北方园艺, 2012(11): 1-4.

[4] 李亚东, 郭修武, 张冰冰. 浆果栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2012: 21.

[5] 束怀瑞. 果树栽培生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993.

[6] 舒展, 张晓素, 陈娟, 等. 叶绿素含量测定的简化[J]. 植物生理学通讯, 2010, 46(4): 399-402.

[7] Ye Z P. A new model for relationship between light intensity and the rate of photosynthesis in *Oryza sativa* [J]. Photosynthetica, 2007, 45(4): 637-640.

[8] 李书民. 光质调控薄膜在设施园艺生产中的应用[J]. 中国蔬菜, 2000(增刊1): 54-57.

[9] 许大全. 光合作用学[M]. 北京: 科学出版社, 2013: 108.

[10] 吕芳德, 徐德聪, 潘晓杰. 果树光合作用研究进展[J]. 湖南林业科技, 2003, 30(3): 34-38.

[11] 王秀伟, 毛子军. 7 个光响应曲线模型对不同植物种的实用性[J]. 植物研究, 2009, 29(1): 43-48.

[12] 刘万好, 唐美玲, 王恒振, 等. 副梢处理方式对赤霞珠葡萄光合作用及果实品质的影响[J]. 山东农业科学, 2016, 48(9): 60-64.

[13] 项殿芳, 吴学仁, 张京政. 不同副梢处理对赤霞珠葡萄生长和结果的影响[J]. 果树学报, 2004, 21(5): 409-413.

[14] Kliwer W M, Antcliff A J. Influence of defoliation, leaf darkening, and cluster shading on the growth and composition of Sultana grapes [J]. American Journal of Enology & Viticulture, 1970, 21: 26-36.

[15] 董婕. 不同副梢处理对酿酒葡萄“蛇龙珠”果实品质及光合作用的影响[D]. 银川: 宁夏大学, 2015.

[16] 郁松林, 宋于洋. 主、副梢叶片之间的比例关系对葡萄浆果生长发育和品质的影响[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 1996(1): 25-30.