

叶幕厚度对“赤霞珠”葡萄光合特性和果实质量的影响

刘旭^{1,2}, 姜越¹, 武轩¹, 张琪¹, 王昊¹

(1. 西北农林科技大学 葡萄酒学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 陕西省葡萄与葡萄酒工程中心, 陕西 杨凌 712100)

摘要:以渭北旱塬 5 年生酿酒葡萄“赤霞珠”为试材, 生长季节研究了 4 种不同叶幕厚度(40、60、80 cm 和对照)下葡萄叶片光合指标、冠层光合特性, 以及果实酚类物质含量的差异。结果表明: 生长期控制叶幕厚度能在一定程度上提高“赤霞珠”葡萄叶片和冠层的光合特性, 较薄的叶幕能显著提高果实中糖、花色苷、种子总酚以及不同分子大小聚合色素的含量, 但叶幕厚度对“赤霞珠”葡萄果皮中总酚、果皮和种子中总类黄酮含量无影响。总体而言, 渭北旱塬“赤霞珠”葡萄在生长季节的叶幕厚度以 40 cm 为宜。

关键词:葡萄; 光合特性; 酚类物质; 叶幕厚度

中图分类号:S 663.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)02-0011-05

叶幕是果树叶片群体的总称。从果树生长发育角度来讲叶幕是果树生物量形成最基础的地上功能单位, 包括所有一年生器官(叶片、嫩梢、果实等)。叶幕管理是我国葡萄夏季管理中最重要的一环, 主要包括主梢摘心、摘除副梢以及摘叶等。通过叶幕管理可以调节葡萄植株的源库关系, 改善葡萄园通风透光条件, 降低病害

的发生。目前国外葡萄产区针对叶幕管理的研究主要集中于摘叶对葡萄及葡萄酒质量的影响。研究发现摘叶时期及强度对“黑比诺”葡萄质量的影响较大, 在光照条件较差的产区早期摘叶能显著提高果实中花色苷的含量^[1-2], 并能提高“长相思”葡萄叶片的净光合速率^[3]。我国对葡萄叶幕管理的研究较少, 重点研究了叶幕结构对鲜食葡萄质量的影响、叶幕结构与光合作用的关系等^[4]。张大鹏等^[5]研究表明, 光合有效辐射(PAR)较高和分配合理的叶幕既为产量和品质的形成提供了丰富的“源”, 又通过调节不同器官间“库”关系使果实得到较高比例的同化物, 从而提高果实品质。“巨峰”和“玛瑙”葡萄光热水平较高的叶幕有利于果实糖分的积累, 叶幕整体光能截留量与葡萄浆果可溶性固形物含量呈直线

第一作者简介:刘旭(1980-), 男, 博士, 讲师, 研究方向为酿酒葡萄品质调控。E-mail:liuxu@nwsuaf.edu.cn.

基金项目:陕西省农业攻关资助项目(2014K01-08-01); 国家自然科学基金资助项目(31401819); 国家葡萄产业技术体系资助项目(CARS-30-02A); 西北农林科技大学试验示范站(基地)科技创新与成果转化资助项目(XNY2013-60)。

收稿日期:2015-09-24

6.01 cm, 5.79 cm and 1.17 cm, which were higher than those of other cultivars, and the ranges and variations of the single fruit weight, length and green husk thickness in ‘Sizuo Lou’ and the fruit shape index in ‘Chengde Guangmao’ and ‘Bai Shizi Tou’ respectively were 29.30 g, 0.63 cm, 0.29 cm, 0.11, 0.11 and 9.43%, 3.63%, 10.43%, 3.07%, 3.97%, which were lower than those of other cultivars. In the nut characters, the single nut weight, length, width, side diameter and mean diameter of ‘Da Guanmao’ were 33.47 g, 4.47 cm, 4.69 cm, 4.39 cm and 4.52 cm, which were higher than those of other cultivars, and the ranges and variations of the single nut weight, length and mean diameter in ‘Sizuo Lou’ and ‘Pingguo Yuan’ and the nut shape index in ‘Sizuo Lou’ respectively were 9.00 g, 0.43 cm, 0.55 cm, 9.00 g, 0.44 cm, 0.45 cm, 0.13, and 11.26%, 3.91%, 4.24%, 12.09%, 3.48%, 4.00%, 4.66%, which were lower than those of other cultivars. The correlation analysis of fruit and nut characters showed that both the single fruit weight and the single nut weight and nut width, and the fruit length and nut shape index had significant positive correlation, and the single fruit weight and the nut length and mean diameter, fruit length and nut length, and green husk thickness and nut length all had highly significant positive correlation.

Keywords: *Juglans hopeiensis* Hu; nut; character; variation; correlation

或近直线的正相关关系^[6]。

长期以来,我国葡萄的叶幕管理主要是人工摘除主梢梢尖和副梢,但劳动力成本的不断增加将促使葡萄园逐步采用叶幕机械化管理。叶幕厚度是葡萄园叶幕机械化管理重要的参数之一^[7],但这方面的相关研究很少。酿酒葡萄“赤霞珠”和“黑比诺”采用简约化叶幕管理即保持 40 cm 厚叶幕的篱笆型夏季修剪提高了果实含糖量,可以促进浆果提前成熟,并有利于果实采后树体营养物质的积累与回流^[8]。

葡萄酒是以葡萄浆果为原料经酵母发酵酿造而成的。葡萄果实中各种酚类物质的含量直接影响着所酿酒的质量。花色苷、单宁等酚类物质的合成与积累和果穗周围的微气候密切相关^[9]。通过改变叶幕厚度能有效调节果穗的受光量、空气温度和湿度等,从而影响果实质量。该研究以渭北旱塬的酿酒葡萄“赤霞珠”为试材,研究了不同叶幕厚度对“赤霞珠”葡萄树冠光合效能及果实质量的影响,旨在为当地酿酒葡萄夏季简约化、机械化管理提供一定的参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试品种为 5 年生酿酒葡萄“赤霞珠”(‘Cabernet Sauvignon’,CS),篱架栽培,南北行向,株行距为 0.8 m×2.0 m,单干双臂整形,短梢修剪。

1.2 试验方法

试验在陕西省泾阳县日新现代农业园区进行。2014 年 6 月 20 日随机选取生长一致的葡萄植株 4 行,每行设为 1 个处理。叶幕厚度分别为 40、60、80 cm,以不控制叶幕厚度为对照,超出部分用大剪刀剪除,并在整个生长季节反复进行修剪,控制叶幕厚度。

1.3 项目测定

1.3.1 叶片光合指标测定 果实成熟后期采用 LI-6400 便携式光合仪(美国 LI-COR 公司)测定不同处理叶片的光合特性。每个处理随机选择生长中庸、无病虫害、长势基本一致的 6 棵植株,每株选取新梢中部发育正常的 1 片成熟叶片进行测定。每个叶片读取 3 个数据,求其平均值。测定净光合速率(P_n , $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),气孔导度(Cond , $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),胞间二氧化碳浓度(C_i , $\mu\text{mol}/\text{mol}$),蒸腾速率(Tr , $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)和水分利用效率(WUE , mmol/mol)。于晴朗无风的 10:00 时开始测定,采用 6400-02B 人工光源和外加 CO_2 系统,人为控制叶室内光合有效辐射为 $1\,400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,环境 CO_2 浓度为 $400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

1.3.2 冠层光合特性的测定 叶片光合指标测定后立即用植物冠层数字图像分析仪 CI-110(美国 CID 公司)测定树冠的光合特性。测定的指标有光合有效辐射

(PAR , $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),叶面积指数(LAI)和消光系数(EC)。测定的植株同上。

1.3.3 果实样品采集及前处理 浆果达到商业成熟度后,每个处理随机采集 10 穗果,3 次重复,共计 30 穗。样品采集后放入装有冰袋的泡沫箱中迅速运回实验室进行分装, -20°C 储藏,待用。

1.3.4 葡萄果实基本理化指标的测定 包括还原糖、可滴定酸含量等,参考《葡萄酒分析检验》^[10]进行。

1.3.5 酚类物质含量的测定 总酚、总类黄酮和总花色苷含量参考孟江飞^[11]的方法进行提取和测定,从每个处理的每个重复中随机选取 100 粒浆果,分别收集其果皮和种子,并尽量去掉上面的果肉部分。单宁和聚合色素的测定采用单宁-蛋白质沉淀法,从每个处理的每个重复中随机选取 20 粒浆果,分别收集其果皮和种子,并尽量去掉上面的果肉部分,单宁和聚合色素的提取和测定参考文献^[12]进行。

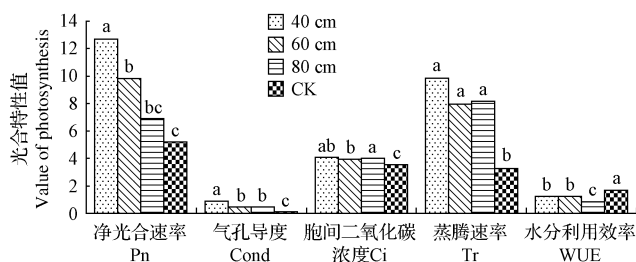
1.4 数据分析

采用 SPSS 19.0 统计软件对数据进行方差分析、多重比较(LSD 法, $P \leq 0.05$)和主成分分析。

2 结果与分析

2.1 叶幕厚度对“赤霞珠”葡萄叶片光合特性的影响

由图 1 可以看出,随着叶幕厚度的减小,叶片各个光合参数总体上呈现增加的趋势。其中,净光合速率(P_n)和气孔导度(Cond)在 40 cm 厚叶幕时显著高于其它处理和对照($P \leq 0.05$),分别为 $12.72 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $0.89 \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。较厚的 2 个叶幕(60 cm 和 80 cm)间无显著性差异,但均高于对照。通过对葡萄叶幕进行修剪,控制副梢生长,改善了葡萄园行内的通风条件,同时提高了叶幕的受光量,叶片光合作用增强, P_n 值逐渐增加。不同厚度叶幕的叶片胞间二氧化碳浓度(C_i)和蒸腾速率(Tr)都显著高于对照,但各个叶幕厚度



注:净光合速率, $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; 气孔导度, $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; 胞间二氧化碳浓度, $\times 100 \mu\text{mol}/\text{mol}$; 蒸腾速率, $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; 水分利用效率, mmol/mol 。

Note: P_n , $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; Cond , $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; C_i , $\times 100 \mu\text{mol}/\text{mol}$; Tr , $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; WUE , mmol/mol 。

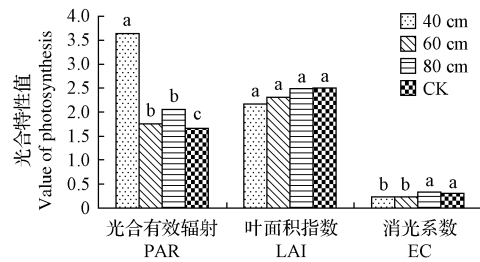
图 1 不同叶幕厚度“赤霞珠”葡萄叶片的光合特性

Fig. 1 Leaf photosynthesis characteristics of ‘Cabernet Sauvignon’ with different canopy thicknesses

间叶片 Tr 差异不显著。叶片 C_i 值以 80 cm 厚叶幕最高,为 $414 \mu\text{mol}/\text{mol}$,但和 40 cm 厚叶幕间无显著性差异。瞬时叶片水分利用效率(WUE)为叶片 P_n 和 Tr 的比值,是反映植物对水分胁迫抵抗能力的重要指标。由图 1 可以看出,对照叶片的 WUE 显著高于各个处理。这与厚叶幕下叶片的 P_n 值较低有关。由此可见,“赤霞珠”葡萄生产上较厚的叶幕虽然叶片净光合速率较低,但抵抗干旱胁迫的能力较强。

2.2 叶幕厚度对“赤霞珠”葡萄冠层光合特性的影响

由图 2 可知,不同叶幕厚度“赤霞珠”葡萄树冠层光合有效辐射(PAR)均显著高于对照($P \leq 0.05$)。40 cm 厚叶幕的 PAR 最高,为 $365 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。2 个较厚叶幕的 PAR 间无显著性差异。这与降低叶幕厚度后,树冠外围和两侧叶片对光照的遮挡减少,辐射到冠层上方的光照强度增加有关,叶片的光合能力也相应增加(图 1)。随着叶幕厚度的减小,整个树冠的叶面积指数(LAI)逐渐减小,但不同处理间及和对照间差异不显著。消光系数是透过树冠后的光照强度与树冠上方光照强度的比值,用于反映整个叶幕层的透光能力。由图 2 可知,40 cm 和 60 cm 厚叶幕冠层的 EC 显著低于对照,说明减小叶幕厚度有利于提高树冠的透光性。这与孙伟^[13]的研究结果一致。但 80 cm 厚叶幕其冠层 EC 和对照间无显著差异,这可能与该试验中对照与较厚叶幕处



注:光合有效辐射, $\times 100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

Note: PAR, $\times 100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

图 2 不同叶幕厚度“赤霞珠”葡萄冠层的光合特性

Fig. 2 Photosynthesis characteristics of 'Carbernet Sauvignon' with different canopy thicknesses

理之间的厚度差异较小有关。

2.3 叶幕厚度对“赤霞珠”葡萄果实基本理化指标的影响

由表 1 可知,各个处理间以及各处理和对照间“赤霞珠”葡萄浆果粒重均无显著性差异,说明控制“赤霞珠”葡萄的叶幕厚度对浆果重量无影响。由于对叶幕厚度进行后果穗上果粒的数量不会发生变化,因此该试验中叶幕处理不会降低葡萄园产量。40 cm 厚叶幕葡萄浆果的还原糖含量最高,为 $169.70 \text{ g}/\text{L}$,显著高于其它处理和对照($P \leq 0.05$)。但由于成熟期的连续降雨,果实还原糖含量仍然较低。

表 1 不同叶幕厚度“赤霞珠”葡萄浆果的基本理化指标

Table 1 Physicochemical parameters in grapes of 'Carbernet Sauvignon' with different canopy thicknesses

叶幕厚度 Canopy thicknesses/cm	粒重 Berry weight/g	还原糖 Reducing sugars/(g · L ⁻¹)	糖度 Brix /(°)	可滴定酸(酒石酸计) Total acidity/(tartaric acid, g · L ⁻¹)
40	1.08±0.01a	169.70±3.73a	17.77±0.31a	4.95±0.05c
60	1.11±0.02a	155.30±3.90b	16.33±1.27b	5.35±0.19b
80	1.03±0.05a	154.70±2.31b	16.27±0.71b	5.74±0.24a
对照 CK	1.10±0.10a	153.16±1.61b	16.17±1.10b	6.43±0.14a

注:数值表示平均数±SD(n=3);同列中不同字母表示在 $P \leq 0.05$ 水平上具有显著性差异。

Note: Values are the mean±SD (n=3). Within columns, significant differences according to the Fisher protected LSD test at the $P \leq 0.05$ level are indicated by different letters.

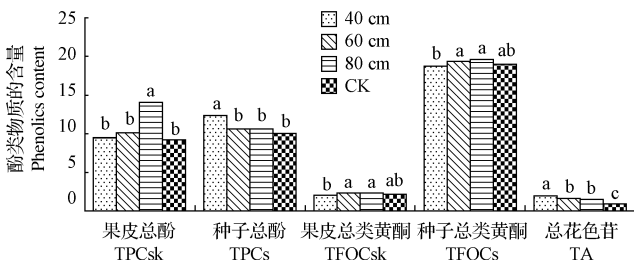
葡萄浆果中各种糖分的积累与良好的光照和较高的昼夜温差密切相关。充足的光照能促进叶片合成更多的光合产物,并通过库源调节作用转化为果实中的可溶性固形物^[14]。叶幕厚度减小后葡萄园行间通风透光能力更强,果穗能接收更多的光照,白天的温度迅速提高,昼夜温差增加,有利于碳水化合物的积累。60 cm 和 80 cm 厚叶幕间以及和对照间果实的还原糖含量均无显著性差异。可见,只有较薄的叶幕厚度才能显著提高“赤霞珠”果实的含糖量。由表 1 还可以看出,随着叶幕厚度的增加果实可滴定酸含量逐渐增加,这与较厚的叶幕内果穗附近光照较差、温度较低而导致有机酸分解较慢有关。

2.4 叶幕厚度对“赤霞珠”葡萄果实酚类物质含量的影响

酚类物质是酿酒葡萄重要的品质因子,其中花色苷、单宁等黄酮类物质对葡萄酒的颜色及其稳定具有重

要作用。由图 3 可以看出,不同叶幕厚度“赤霞珠”葡萄果皮总酚的含量(TPCsk)较对照高,但是 40、60 cm 厚叶幕和对照间均无显著性差异($P \leq 0.05$)。80 cm 厚叶幕 TPCsk 显著高于其它处理和对照,为没食子酸 $14.08 \text{ mg}/\text{g}$ 果皮。种子中总酚含量(TPCs)以 40 cm 厚叶幕最高,而其它 2 个处理间以及和对照间均无显著差异。不同厚度叶幕间果皮总类黄酮(TFOCs)和种子总类黄酮(TFOCs)含量均以 80 cm 厚叶幕最高,分别为芦丁 $2.4 \text{ mg}/\text{g}$ 果皮和芦丁 $19.89 \text{ mg}/\text{g}$ 果皮。但是各个处理与对照间均无显著性差异。因此,该试验条件下控制叶幕厚度不能显著提高“赤霞珠”葡萄浆果的总类黄酮含量。果皮中花色苷含量是酿酒葡萄重要的品质因子,直接影响葡萄酒的感官特征和稳定性。由图 3 可以看出,不同叶幕厚度“赤霞珠”葡萄果皮中总花色苷含量(TA)均显著高于对照,以 40 cm 厚叶幕果皮 TA 值最

高,为矢车菊素-3-葡萄糖苷 2.04 mg/g 果皮。60 cm 和 80 cm 厚叶幕间则无显著性差异。花色苷是花青素与糖以糖苷键结合而成的一类化合物,在葡萄上主要存在于果皮液泡细胞中^[15]。花色苷的合成与太阳辐射尤其是紫外线 B(UV-B)密切相关。UV-B 能提高苯丙氨酸解氨酶活性,从而促进花青素的合成^[16]。另外较薄的叶幕厚度(40 cm)也提高了果实的糖含量(表 1),从而有利于花色苷的合成。



注:果皮总酚含量单位,没食子酸 mg/g 果皮;种子总酚含量单位,没食子酸 $\times 10$ mg/g 种子;果皮总类黄酮含量单位,芦丁 mg/g 果皮;种子总类黄酮含量单位,芦丁 mg/g 种子;总花色苷含量单位,矢车菊素-3-葡萄糖苷 mg/g 果皮。

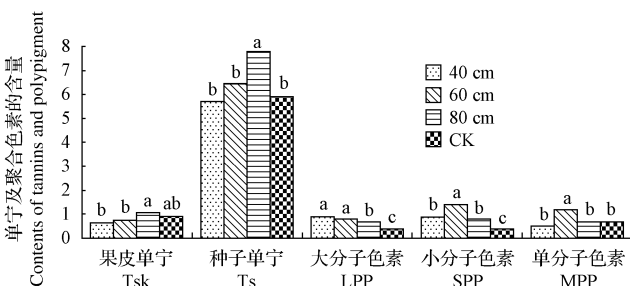
Note: Unit content of TPCsk, gallic acid equivalent (GAE) mg/g skin; unit content of TPCs, gallic acid equivalent (GAE) $\times 10$ mg/g seed; unit content of TFOCsk, rutin equivalent (RE) mg/g skin; unit content of TFOCs, rutin equivalent (RE) mg/g seed; unit content of TA, cyanidin-3-glucoside equivalent (C3GE) mg/g skin.

图 3 不同叶幕厚度“赤霞珠”葡萄果实酚类物质的含量

Fig. 3 Phenolics content in grapes of 'Carbernet Sauvignon' with different canopy thicknesses

2.5 叶幕厚度对“赤霞珠”葡萄果实单宁及聚合色素含量的影响

由图 4 可知,不同厚度叶幕“赤霞珠”葡萄果皮单宁含量(Tsk)与对照间无显著性差异,但 80 cm 厚叶幕 Tsk 显著高于 40 cm 和 60 cm 厚叶幕。种子单宁含量(Ts)以



注:果皮单宁含量单位,儿茶素 mg/g 果皮;种子单宁含量单位,儿茶素 mg/g 果皮;大分子色素、小分子色素、单分子色素,以吸光度表示, $\times 0.1$ 。

Note: Unit content of Tsk, catechin equivalent (CE) mg/g skin; Ts, catechin equivalent (CE) mg/g seed; LPP, SPP, MPP, expressed in absorbance, $\times 0.1$.

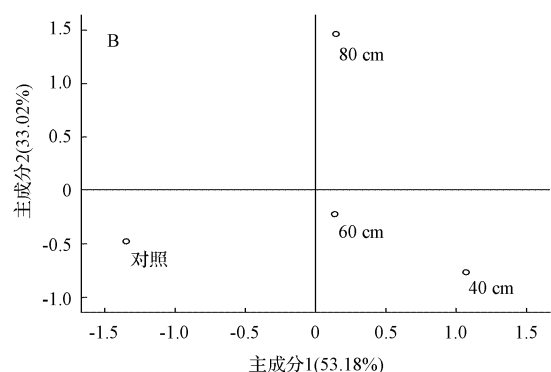
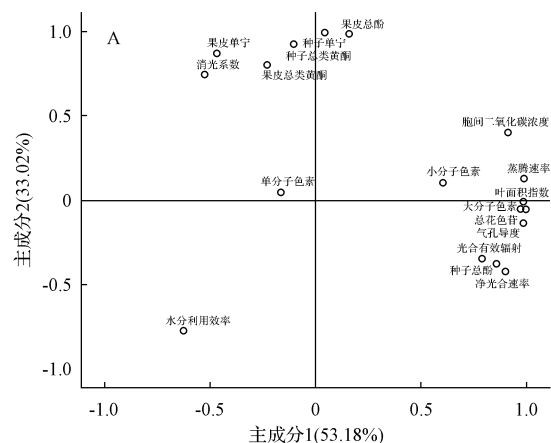
图 4 不同叶幕厚度“赤霞珠”葡萄果实单宁及聚合色素的含量

Fig. 4 Tannins and polyphenol content in grapes of 'Carbernet Sauvignon' with different canopy thicknesses

80 cm 厚叶幕最高,为儿茶素 7.86 mg/g 种子,显著高于其它处理和对照。40 cm 和 60 cm 厚叶幕之间以及和对照间均无显著性差异。单宁与葡萄酒的口感密切相关,但浆果不同部位的单宁特性不同。果皮中的单宁一般聚合度较高,主要与葡萄酒的收敛性有关。种子中的单宁聚合度较低,主要与葡萄酒的苦味有关^[17-18]。可见,控制叶幕厚度不能有效提高“赤霞珠”葡萄果皮中单宁的含量,但较厚的叶幕下种子单宁含量较高。因此,在葡萄酒发酵的过程中应注意控制浸渍时间和强度。

由图 4 还可以看出,控制叶幕厚度能在一定程度上提高果皮中不同分子大小聚合色素的含量。60 cm 厚叶幕浆果果皮中小分子和单分子聚合色素含量最高,分别为 1.4 和 1.2,显著高于其它处理和对照。40 cm 厚叶幕“赤霞珠”葡萄果皮中大分子聚合色素的含量最高,为 0.9,但与 60 cm 厚叶幕间无显著差异。

为了更好地了解不同叶幕厚度处理间的差异,对叶片光合指标、冠层光合特性、果实基本理化指标和酚类物质含量等进行了主成分分析。由图 5 可知,第 1 主成分主要综合了与叶片和树冠光合特性、总花色苷等相关



注:A,载荷图;B,得分图。

Note: A, loads; B, scores.

图 5 不同叶幕厚度光合特性和果实品质的主成分分析

Fig. 5 Principal component analysis of photosynthesis parameters and fruit quality with different canopy thicknesses

的信息,包含了原有信息量的 53.18%。第 2 主成分主要综合了与果实类黄酮、单宁等酚类物质相关的信息,包含了原有信息量的 33.02%。第 3 主成分主要综合了单分子聚合色素的信息,包含了原有信息量的 13.80%。由图 5-B 可知,主成分 1、2 能把“赤霞珠”葡萄 4 个不同叶幕厚度分开,各个处理间差异较为明显。

3 结论

不同叶幕厚度的“赤霞珠”葡萄其叶片和冠层光合特性、果实品质不同。生长期控制叶幕厚度能在一定程度上提高“赤霞珠”葡萄叶片和冠层的光合特性,较薄的叶幕有利于果实中糖、花色苷、种子总酚以及不同分子大小聚合色素的积累,并以 40 cm 厚叶幕效果最好。但叶幕厚度对“赤霞珠”葡萄果皮中总酚、果皮和种子中总类黄酮含量无影响。综上,渭北旱塬“赤霞珠”葡萄在生长季节叶幕厚度以 40 cm 为宜。

参考文献

- [1] HUI F, FANG Y, PATRICIA A, et al. Influence of cluster zone leaf removal on pinot noir grape chemical and volatile composition[J]. Food Chemistry, 2015, 173: 414-423.
- [2] STERNAD L M, TROST K, SIVILOTTI P, et al. Pinot noir grape colour related phenolics as affected by leaf removal treatments in the Vipava Valley[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2011(24): 777-784.
- [3] PETRIE P R, TROUGHT M C T, STANLEY H G, et al. The effect of leaf removal and canopy height on whole-vine gas exchange and fruit development of *Vitis vinifera* L. Sauvignon Blanc[J]. Functional Plant Biology, 2003, 6: 711-717.
- [4] 王建新, 牛自勉. 叶幕结构与光合作用的关系研究[J]. 中国农学通报, 2008, 24(11): 302-306.
- [5] 张大鹏, 姜红英, 陈星黎, 等. 叶幕微气候与葡萄生理、产量和品质形

成之间基本关系的研究[J]. 园艺学报, 1995, 22(2): 110-116.

- [6] 张大鹏, 姜红英, 陈星黎, 等. 葡萄不同栽培方式的叶幕微气候、光合作用水分生理效应[J]. 园艺学报, 1994, 21(2): 105-110.
- [7] 项殿芳, 朱京涛, 吴学仁, 等. 不同叶幕结构对“赤霞珠”葡萄生长发育的影响[J]. 河北科技师范学院学报(自然科学版), 2004, 17(2): 45-50.
- [8] 孙伟, 房玉林, 张振文, 等. 简约化叶幕管理对酿酒葡萄生长及品质的影响[J]. 北方园艺, 2012, 27(11): 1-4.
- [9] COHENA S D, KENNEDY J A. Plant metabolism and the environment: implications for managing phenolics[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2010(7): 620-643.
- [10] 王华. 葡萄酒分析检验[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 57-62.
- [11] 孟江飞. 山西乡宁地区葡萄采收时间对葡萄及葡萄酒酚类物质与抗氧化活性影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2011.
- [12] HAGERMAN A E, BUTLER L G. Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 197(26): 809-812.
- [13] 孙伟. 调亏灌溉(RDD)和简约化叶幕管理对酿酒葡萄生长及果实品质的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
- [14] 刘玉兰, 郑有飞, 张晓煜, 等. 光质和光强对酿酒葡萄光合速率及糖分积累的影响[J]. 中国农业气象, 2006, 27(4): 286-288, 292.
- [15] HARDIE W J, O'BRIEN T P, JAUDZEMS V G. Morphology, anatomy and development of the pericarp after anthesis in grape, *Vitis vinifera* L. [J]. Australian Journal of Grape and Wine Research, 1996(2): 97-142.
- [16] FLAMINI R, MATTIVI F, de ROSSO M, et al. Advanced knowledge of three important classes of grape phenolics: anthocyanins, stilbenes and flavonols[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2013(14): 19651-19669.
- [17] KENNEDY J A, SAUCIER C, GLORIES Y. Grape and wine phenolics: history and perspective[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2006(3): 239-248.
- [18] KASSARA S, KENNEDY J A. Relationship between red wine grade and phenolics. 2. tannin composition and size[J]. Journal of Agricultural Food and Chemistry, 2011, 59: 8409-8412.

Influence of Canopy Thickness on Photosynthesis Characteristics and Fruit Quality of 'Carbernet Sauvignon'

LIU Xu^{1,2}, JIANG Yue¹, WU Xuan¹, ZHANG Qi¹, WANG Hao¹

(1. College of Enology, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. Shaanxi Engineering Research Center for Viti-viniculture, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: 5-year-old 'Carbernet Sauvignon' (*Vitis vinifera* L.) grape in Weibei dryland was used as materials, photosynthesis parameters of leaf and canopy and fruit quality were determined for grape pruned with different canopy thicknesses of 40 cm, 60 cm, 80 cm and control. The results showed that photosynthesis capacity increased with decreasing canopy thickness. Content of sugars in berry, anthocyanins in skin, total phenolics in seed and three types of polypigment increased obviously for the thinner canopy compared to the thicker ones and control. However, no significant effect of canopy thickness was found on total phenolics content in skin, and total flavonoid content in skin and seed. Forty centimeters of canopy thickness might be optimum for 'Carbernet Sauvignon' grapes in Weibei Plateau.

Keywords: *Vitis vinifera* L.; photosynthesis characteristics; phenolics; canopy thickness