

网络出版日期:2017-08-18
网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1220.S.20170818.0939.030.html>

避雨栽培对‘户太八号’葡萄果实品质的影响

王 凯¹, 鞠延仑¹, 魏晓峰¹, 屠婷瑶¹, 房玉林^{1,2}

(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研究中心, 陕西杨凌 712100)

摘 要 以‘户太八号’葡萄为试材,测定露地栽培与避雨栽培2种模式下,葡萄果实大小、硬度、果梗拉力、糖酸等基本指标及避雨栽培对浆果酚类物质、香气物质及抗氧化活性的影响。结果表明:避雨栽培下,果粒粒径及果穗均小于露地栽培,去皮果实硬度比露地栽培高13.56%,带皮果粒硬度与果梗拉力分别比露地栽培低7.04%和9.73%;避雨栽培可提高糖质量浓度,但差异不显著,固酸比显著提高;pH及总酸在果实发育时期极显著低于露地栽培葡萄;与露地栽培相比,避雨栽培葡萄果实总酚、单宁及总花色苷质量分数均呈现显著降低趋势,而香气物质总相对含量则比露地栽培提高4.95%;另外,避雨栽培会降低葡萄的抗氧化活性,葡萄果皮清除自由基的能力显著降低,但葡萄果肉清除自由基的能力变化不大。

关键词 ‘户太八号’葡萄;避雨栽培;露地栽培;果实品质

中图分类号 S663.1 **文献标志码** A **文章编号** 1004-1389(2017)08-1202-10

避雨栽培是近年来发展的一种保护性简易设施栽培模式,包括果实套袋避雨、简易小拱棚避雨等,该模式是用薄膜覆盖在树冠顶端,防止葡萄在生长季节雨水直接冲刷葡萄植株,是介于露地栽培与大棚栽培之间的一种集约化栽培方式^[1]。避雨栽培能改善葡萄生长微环境,提高抗病性,降低生产投入,提高坐果率、果实品质和产量,还可延迟成熟,推迟上市^[2-4]。在中国南方夏季湿热地区,多采用避雨栽培来预防葡萄成熟前期遇雨发生裂果以及其他葡萄栽培病害的发生^[5-7],由于其生产的优越性,近年来,在北方多雨产区也开始试验应用^[8]。

‘户太八号’为欧美杂交葡萄品种,是由西安市葡萄研究所选育的鲜食兼加工品种,生育期短、早熟,有较强的多次结果能力,丰产,生长力及萌芽力均较强,对黑痘病、霜霉病、灰霉病以及白腐病等病害均表现出较强的抗性^[9]。近年来,‘户太八号’不但在陕西地区得以广泛种植,而且除台湾、西藏外,全国其他省区均有引种栽植,累计2 700 hm²以上^[10]。由于其独特的品质特性,‘户太八号’还陆续被众多葡萄酒企业加工为葡萄汁

与葡萄酒。因此,通过栽培方式的改良提高‘户太八号’的品质,具有十分重要的意义。本试验主要研究避雨栽培对葡萄果实品质的影响,以为‘户太八号’适宜的栽培推广模式提供科学依据,并对‘户太八号’葡萄及葡萄酒生产起到指导作用。

1 材料与方法

1.1 试验材料

在陕西西安生物科技有限公司葡萄种植基地进行试验,供试葡萄为6 a生‘户太八号’,南北行向,株行距1 m×2.5 m,单干双臂整形,中长梢修剪,采用滴灌,施用有机肥(6月上旬施肥量160 kg/hm²,7月上旬施肥量180 kg/hm²)。铺设避雨棚后,于2014-07-17、2014-07-27、2014-08-15、2014-08-29采样,2014-09-05葡萄采收时进行最后采样,共采5次样品,每次随机采10穗,直到果实成熟(9月5日采收)。每次葡萄样品采集后用冰袋带回实验室,于-20℃条件下贮存,直到最后采收进行指标测定。

1.2 试验方法

设避雨栽培(处理组)和露地栽培(对照组)。

收稿日期:2016-05-19 修回日期:2016-07-06
基金项目:陕西省科技统筹创新工程计划(2013KTCL02-01);杨凌示范区农业科技示范推广项目(2014-TS-28);陕西省果业专项;国家现代农业(葡萄)产业技术体系建设专项(nycytx-30-2p-04)。
第一作者:王 凯,男,硕士研究生,研究方向为葡萄与葡萄酒学。E-mail:569425884@qq.com
通信作者:房玉林,男,博士,教授,博士生导师,主要从事葡萄栽培学研究。E-mail:fangyulin@nwsuaf.edu.cn

处理组:在葡萄园的中间随机选取 10 行(每行长 100 m)进行避雨处理,即搭建避雨棚。在每行葡萄水泥柱顶端下 50 cm 和 30 cm 处分别拉 2 道水平方向的铁丝,水泥柱两边约 75 cm 处拉 2 道顺行向的铁丝贯穿于整行葡萄并与其他水泥柱上的水平铁丝相固定。而后在上方的水平铁丝与水泥柱顶端也分别拉 3 道顺行向的铁丝,与之前相同。5 道顺行向的铁丝形成一拱面,在这一拱面上每 50 cm 在垂直方向上附加一道弧形铁丝。拱面笼罩在葡萄叶幕层上方,避雨棚塑料膜卷在拱面的一端,在果实转色期并根据对雨季判断,于 7 月 5 日将避雨棚铺开。露地栽培(对照组):选取临近避雨处理的 10 行(排除边行)葡萄作为常规管理,不做任何处理。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 基本理化指标的测定 果实成熟后,随机取 6 穗整穗样品测果穗大小;随机均匀取 100 粒果粒,用游标卡尺测纵横径^[11];用 GY-4 型数显果实硬度计测葡萄果粒硬度;用 HANDPI HP-20 数显推拉力计测葡萄果梗拉力;用斐林试剂滴定法测定葡萄糖质量浓度^[12];用 NaOH 滴定法测定葡萄酸质量浓度^[13],以酒石酸计。

1.3.2 总酚、单宁、总花色素测定 总酚用福林-肖卡法^[11](λ=765 nm)测定,结果用没食子酸(GE)表示;单宁用甲基纤维素沉淀法^[14](λ=280 nm)测定,结果以每升葡萄酒中含有的单宁酸表示;总花色素用 pH 示差法^[15](λ=520 nm,700 nm),用矢车菊素-3-葡萄糖苷(CGE)表示。

1.3.3 葡萄中香气物质的检测 用 SPME-GC/MS 联用技术检测香气物质^[16]。

葡萄果实香气物质提取方法:取 100 g 葡萄果粒,去籽后液氮研磨成粉,离心管中静置 2.5 h

后于 4 ℃离心机中 10 000 r/min 离心 15 min,吸取 20 mL 上清液于样品瓶中,加入 2 g NaCl,50 μL 0.234 g/L 的 2-辛醇和磁力转子(2 cm×0.5 mm),盖上瓶盖,置于固相微萃取操作台,设置转速为 900 r/min,室温下保持 2 h。萃取完成后以超纯水将搅拌子清洗干净,清洗后用无尘纸巾将水擦干后放入热脱附管中,将热脱附管放入仪器当中,开始测量,测量期间准备下一样品,重复之前步骤。

GC 条件:色谱柱 DB-WAX 30 m×0.25 mm×0.25 μm,以 He 为载气,流速 1 mL/min。

MS 条件:全扫描,质量范围为 33~450 *m/z*,每秒扫描 1 次。以 EI 为电离源,离子源温度 230 ℃,电子能量 70 eV,灯丝流量 0.2 mA,检测器电压 350 V。

1.3.4 葡萄抗氧化活性的测定 总抗氧化能力采用 ABTS 法并参考张昂等^[17]的方法,结果以 Trolox 表示(单位为 μmol/L);DPPH 自由基清除能力的测定参考 Brandwilliams 等^[18-19]的方法;铜离子还原能力(CUPRAC)测定参考 Apak 等^[20]和王晓宇^[21]的方法,结果均以每升葡萄酒中所含的水溶性维生素 E 表示。

1.4 数据处理

使用 Microsoft office 2010、SPSS 21.0 以及 SIMCA-P 11.0 处理试验数据。采用 Duncan’s 新复极差法进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 避雨栽培对葡萄果实基本指标的影响

2.1.1 果粒果穗大小、拉力及硬度 表 1 显示,露地栽培下葡萄果粒粒径均大于避雨栽培,且差异显著;果穗长宽均大于露地栽培,差异不显著。

表 1 不同栽培模式下葡萄果穗及果粒大小、果粒硬度及拉力($\bar{x}\pm s$)

Table 1 Size of grape berry and cluster, hardness and stem pulling force of berries in different cultivation patterns

指标 Index		露地栽培 Open-field cultivation	避雨栽培 Rain-shelte cultivation
果粒 Berry	横径/mm Transverse diameter	27.34±0.64 a	25.32±0.94 b
	纵径/mm Vertical diameter	30.07±1.31 a	27.81±1.56 b
	去皮硬度/kg Fruit hardness peeled	0.59 b	0.67 a
	带皮硬度/kg Fruit hardness with skin	2.13 a	1.98 b
	果梗拉力/N Fruit stem pulling force	8.53 a	7.70 b
果穗 Cluster	长/cm Length	24.66±3.00 a	23.84±1.72 a
	宽/cm Width	15.68±2.36 a	15.02±2.90 a

注:不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),下同。
Note:Different lowercase letters show significant difference between treatment($P<0.05$),the same below.

避雨栽培下葡萄去皮后果实硬度比露地栽培显著高 0.08 kg，去皮果实硬度比露地栽培高 13.56%。而带皮硬度比露地栽培显著低 0.15 kg 即低 7.04%，且避雨栽培葡萄的果梗拉力比露地栽培低 0.83 N，即降低 9.73%。

2.1.2 含糖量、可滴定酸及 pH 由表 2，在最初 7 月 17 日避雨栽培葡萄的糖质量浓度比露地栽培低。之后一直到成熟时期，避雨栽培模式下‘户太八号’葡萄的糖质量浓度均高于露地栽培，差异显著。

除 8 月 29 日外，露地栽培下葡萄可滴定酸质量浓度在其他各个生长成熟阶段均高于避雨栽培，且差异显著；随着果实不断成熟，2 处理之间

葡萄可滴定酸质量浓度差值逐渐变小。最初 7 月 17 日时露地栽培下葡萄果实的可滴定酸质量浓度为 13.51 g/L，避雨栽培为 9.22 g/L，露地栽培的可滴定酸质量浓度比避雨栽培高 4.29 g/L；9 月 5 日果实成熟时，露地栽培葡萄可滴定酸质量浓度为 3.98 g/L 比避雨栽培的 3.28 g/L 仅高 0.7 g/L。pH 也表现出相应结果，露地栽培下葡萄汁的 pH 也均低于避雨栽培。在各个时期，避雨栽培葡萄的固酸比均显著大于露地栽培，且在 9 月 5 日果实成熟时期，固酸比大幅升高，呈显著水平，说明避雨栽培能有效提高葡萄果实的固酸比，从而提高果实品质。

表 2 不同栽培模式下葡萄糖质量浓度、可滴定酸及 pH 变化

指标 Index		栽培方式 Cultivation pattern	日期 Date				
			07-17	07-27	08-15	08-29	09-05
糖质量浓度/(g/L) Sugar mass concentration	避雨栽培 Rain-shelter cultivation		98.96 a	112.05 b	137.39 b	155.42 b	164.15 b
	露地栽培 Open-field cultivation		103.27 b	109.78 a	120.01 a	148.83 a	161.20 a
可滴定酸质量浓度 (以酒石酸计)/(g/L) Titatable acid	避雨栽培 Rain-shelter cultivation		9.22 a	8.13 a	6.26 a	5.49 a	3.28 a
	露地栽培 Open-field cultivation		13.51 b	10.24 b	7.03 b	4.35 b	3.98 b
pH	避雨栽培 Rain-shelter cultivation		3.03 a	3.20 a	3.47 a	3.52 a	3.73 a
	露地栽培 Open-field cultivation		2.85 b	3.05 b	3.28 b	3.49 b	3.50 b
固酸比 Solid acid ratio	避雨栽培 Rain-shelter cultivation		10.73 b	13.78 b	21.95 b	36.30 b	50.05 b
	露地栽培 Open-field cultivation		7.64 a	10.72 a	17.07 a	34.21 a	50.50 a

注：对数据进行 Duncan’s 检验，显著性水平 $P<0.05$ 。
Note: Data were tested by Duncan’s new multiple range method, and significance level is $P<0.05$.

2.2 避雨栽培对葡萄总酚、单宁和花色苷的影响

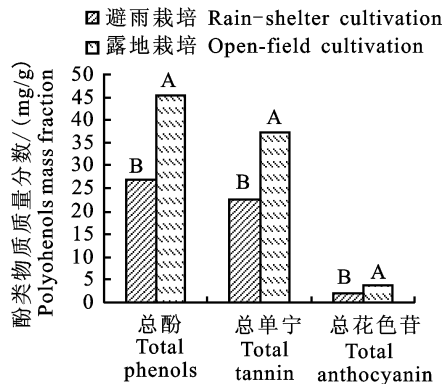
由图 1 可知，露地栽培下葡萄总酚、总单宁以及总花色苷质量分数均极显著高于避雨栽培。露地栽培葡萄的总酚质量分数达 45.50 mg/g，而避雨栽培为 26.74 mg/g，露地栽培是避雨栽培的 1.7 倍。更多的水分条件可提高总酚质量分数，高质量分数的总酚有利于提升果实抗氧化性。

2.3 避雨栽培对葡萄中香气物质的影响

2.3.1 香气物质种类及含量分析 2 个处理的葡萄果实中共检测出香气物质 39 种，可分为酯类、醛类、醇类、酸类、萜烯类、酮类和其他类 7 大类物质。

由图 2 知，避雨栽培葡萄中检测出 7 大类 32 种物质，其中酯类 12 种，醛类 4 种，醇类 3 种，酸类 9 种，酮类 2 种，萜烯类 1 种，其他类别 1 种。露地栽培的葡萄中检测出 7 大类 27 种物质，其中酯类 5 种，醛类 5 种，醇类 5 种，酸类 7 种，酮类 3 种。萜烯类 1 种，其他类别 1 种。避雨栽培葡萄

中香气物质类别总量明显高于露地栽培。图 2 中颜色越浅代表含量越低，越深则含量越高。从而



不同大写字母表示差异显著 ($P<0.01$) Different capital letters shows significant difference ($P<0.01$)

图 1 不同栽培模式下葡萄总酚、总单宁和总花色苷质量分数

Fig. 1 Total phenolics, tannins and anthocyanin mass fraction of grape under different cultivation patterns

可看出,避雨栽培下葡萄的酯类与酸类香气物质的种类与含量均高于露地栽培;露地栽培下醇类与醛类高于避雨栽培。

图 2 和表 3 显示,避雨栽培下葡萄中酯类香气物质相对含量明显增多,且其中乙酸乙酯的相对含量明显提高 4.8 倍。己酸乙酯的相对含量提高也很明显,为 4.9 倍;醛类香气物质中,避雨栽培对(E)-2-己烯醛的相对含量提高量较高,是露地栽培中的 3.4 倍。避雨栽培下葡萄的酯类香气物质比露地栽培多 7 种,总量则是露地栽培的 4.3 倍;己醛相对含量是露地栽培的 1.5 倍,5-羟甲基-2-糠醛在避雨栽培下仅为 0.63%,而在露地栽培下却高达 30.12%;受此物质的影响,露地栽培下葡萄的醛类香气物质相对含量是避雨栽培的 4.3 倍,但避雨栽培下葡萄 2-己烯醛相对含量则比露地栽培高 11.71%。醇类香气物质差异不大,露地栽培是避雨栽培的 1.4 倍。酸类香气物质差异也较明显,避雨栽培下葡萄的月桂酸、肉豆蔻酸、棕榈酸及硬脂酸含量分别是露地栽培的 2.1 倍、1.7 倍、1.7 倍、2.9 倍;总相对含量约为露

地栽培的 2 倍。露地栽培葡萄中的酮类香气物质明显高于避雨栽培,总相对含量是避雨栽培的 4.5 倍。避雨与露地 2 种栽培模式检测出的萜烯类香气物质均只有 1 种为香叶醇,相对含量分别为 0.31%与 0.28%,其他类别同样仅检测出 1 种相同的香气物质为邻苯基苯酚,相对含量分别为 0.22%与 0.28%。避雨栽培下葡萄中检测出的香气物质的相对含量总量为 69.09%比露地栽培的 65.83%要高出 4.95%。

2.3.2 香气物质主成分分析 对避雨及露地栽培下葡萄果实中香气物质进行主成分分析(PCA),累计贡献率达到 90%以上时,确定主成分的个数。

由表 4 知,F1 和 F2 成分的累计贡献率为 94.394%,表明各呈香物质贡献率集中,累计贡献率增长明显,说明特征香气较集中。第 1 主成分 F1 的贡献率达 86.970%,说明样品 P1 和 P2 主成分析释避雨栽培及露地栽培葡萄果实中挥发性物质损失的信息仅为 5.607%,故本研究选前 2 个为主成分。

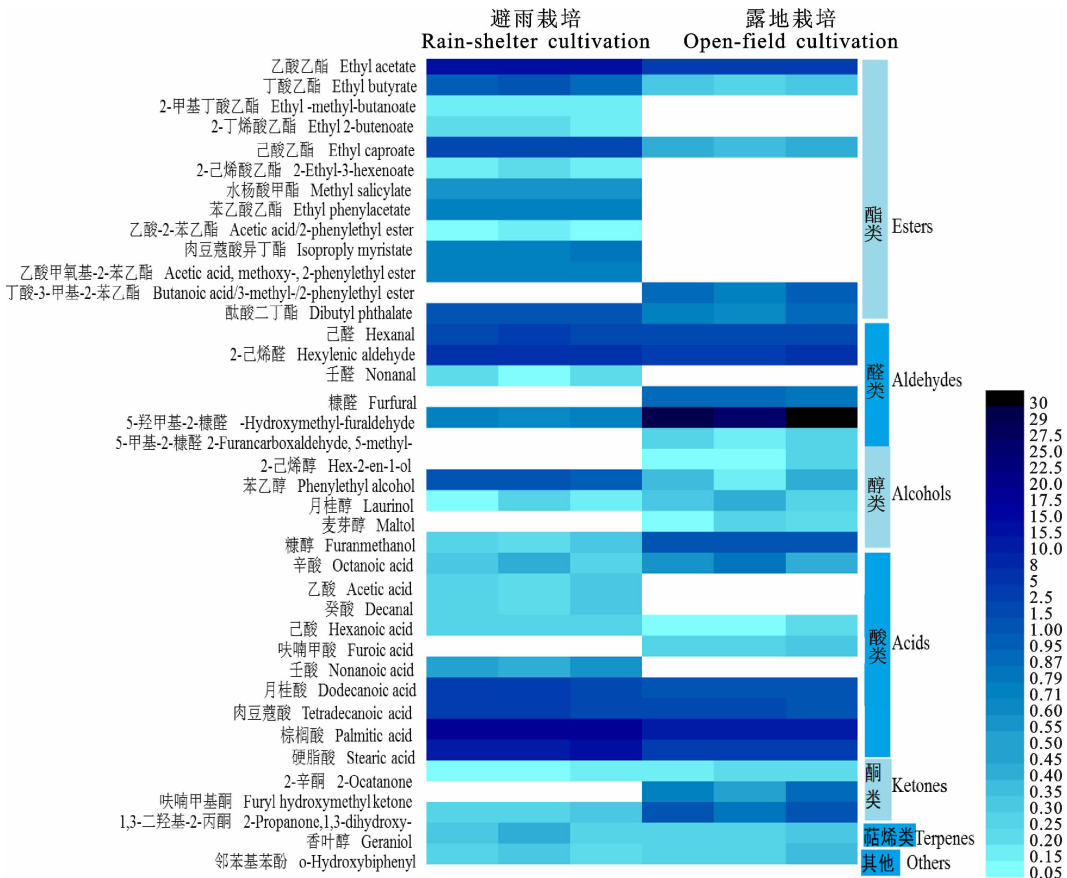


图 2 香气物质含量热图

Fig. 2 Heatmap of aroma substance content

表 3 不同栽培模式下葡萄中的香气物质相对含量

Table 3 Relative content of aroma substances in grape under different cultivation patterns %		
香气物质 Aroma compound	避雨栽培 Rain-shelter cultivation	露地栽培 Open-field cultivation
酯类 Esters	21.02	5.05
醛类 Aldehydes	8.76	37.80
醇类 Alcohols	1.36	1.86
酸类 Acids	37.02	18.75
酮类 Ketones	0.40	1.81
萜烯类 Terpenes	0.31	0.28
其他 Others	0.22	0.28
总量 Amounts	69.09	65.83

表 4 主要香气化合物相关矩阵特征值

Table 4 Eigenvalues of main aroma components in the correlation matrix			
主成分 Principal component	特征值 Eigenvalue	贡献率/% Contribution rate	累计百分率/% Cumulative
F1	34.788	86.970	86.970
F2	2.970	7.424	94.394
F3	1.389	3.472	97.866
F4	0.704	1.759	99.625
F5	0.150	0.375	100.000

表 5 主成分载荷及贡献率矩阵

Table 5 Principal component loading and contribution rate matrix						
编号 No.	变量 Variable		因子负荷量 Factor loading		贡献率/% Contribution rate	
			F1	F2	F1	F2
1	乙酸乙酯	Ethyl acetate	0.998	0.034	2.865	0.039
2	丁酸乙酯	Ethyl butyrate	0.990	0.129	2.818	0.561
3	2-甲基丁酸乙酯	Ethyl -methyl-butanoate	0.994	0.050	2.839	0.085
4	2-丁烯酸乙酯	Ethyl 2-butenolate	0.998	0.027	2.866	0.024
5	己酸乙酯	Ethyl caproate	0.995	0.061	2.848	0.124
6	2-己烯酸乙酯	2-Ethyl-3-hexenoate	0.995	0.044	2.848	0.065
7	水杨酸甲酯	Methyl salicylate	0.999	−0.010	2.869	0.003
8	苯乙酸乙酯	Ethyl phenylacetate	1.000	0.012	2.873	0.005
9	乙酸-2-苯乙酯	Acetic acid, 2-phenylethyl ester	0.985	0.069	2.787	0.162
10	肉豆蔻酸异丙酯	Isopropyl myristate	0.996	−0.031	2.852	0.032
11	乙酸甲氧基-2-苯乙酯	Acetic acid, methoxy-, 2-phenylethyl ester	1.000	−0.005	2.872	0.001
12	丁酸-3-甲基-2-苯乙酯	Butanoic acid, 3-methyl-, 2-phenylethyl ester	−0.989	0.130	2.813	0.573
13	酞酸二丁酯	Dibutyl phthalate	0.956	0.288	2.626	2.801
14	己醛	Hexanal	0.981	0.095	2.767	0.306
15	2-己烯醛	Hexylenic aldehyde	0.639	0.730	1.172	17.928
16	壬醛	Nonanal	0.945	−0.133	2.567	0.594
17	糠醛	Furfural	−0.994	−0.079	2.842	0.210
18	5-羟甲基-2-糠醛	-Hydroxymethyl-furaldehyde	−0.994	0.102	2.840	0.351
19	5-甲基-2-糠醛	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	−0.941	0.301	2.545	3.056
20	2-己烯醇	Hex-2-en-1-ol	−0.829	0.500	1.977	8.423
21	苯乙醇	Phenylethyl alcohol	0.980	0.173	2.760	1.012
22	月桂醇	Laurinol	−0.891	−0.152	2.280	0.776
23	麦芽醇	Maltol	−0.945	−0.100	2.567	0.340
24	糠醇	Furanmethanol	−0.994	0.043	2.842	0.063
25	辛酸	Octanoic acid	−0.757	−0.462	1.646	7.202
26	乙酸	Acetic acid	0.958	−0.103	2.638	0.360
27	癸酸	Decanal	0.95	−0.122	2.595	0.503
28	己酸	Hexanoic acid	0.91	0.175	2.382	1.032
29	呋喃甲酸	Furoic acid	−0.994	0.092	2.839	0.283
30	壬酸	Nonanoic acid	0.975	−0.088	2.735	0.258
31	月桂酸	Dodecanoic acid	0.952	−0.003	2.603	0.000
32	肉豆蔻酸	Tetradecanoic acid	0.942	−0.085	2.550	0.243
33	棕榈酸	Palmitic acid	0.995	−0.059	2.848	0.116
34	硬脂酸	Stearic acid	0.981	−0.129	2.769	0.560
35	2-辛酮	2-Octanone	−0.631	0.074	1.145	0.183
36	呋喃羟甲基酮	Furylhydroxymethyl ketone	−0.946	0.290	2.572	2.838
37	1,3-二羟基-2-丙酮	2-Propanone, 1,3-dihydroxy-	−0.948	0.204	2.584	1.402
38	香叶醇	Geraniol	0.534	0.800	0.819	21.567
39	邻苯基苯酚	o-Hydroxybiphenyl	−0.404	0.877	0.468	25.917

表 5 为各变量在 F1、F2 主成分上的载荷矩阵,除 2-己烯醛、香叶醇、邻苯基苯酚代表第 2 主成分外,其余 36 种成分均代表第 1 主成分,且各成分的因子载荷量均较高,部分物质甚至达到 1.000,各变量对于成分的贡献率也较为接近。由载荷图(图 3)大部分的酯类、醛类和酸类位于正半轴,大部分醇类、糠醛类、酮类位于负半轴。

根据 39 种成分的相对含量、前 2 个主成分的特征值和香气成分的载荷值计算出避雨与露地栽培果实香气的 F1、F2 主成分值(表 6)可知,影响 2 种栽培模式果实香气的主要成分均为第 1 主成分。以 F1 主成分值为横坐标、F2 为纵坐标作散点图(图 4)可知,2 种栽培模式下果实香气物质根据距离明显分为 2 类,影响避雨栽培果实香气的成分主要集中在第 1 主成分的正半轴,包括乙酸乙酯、苯乙酸乙酯、肉豆蔻酸异丙酯等;而影响露地栽培果实香气成分主要集中在第 1 主成分的负半轴,包括呋喃甲酸、糠醇、5-羟甲基-2-糠醛、糠醛等。

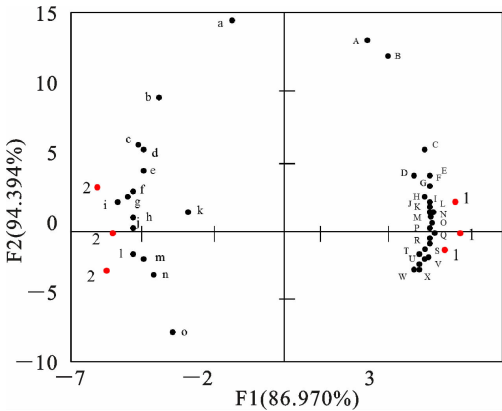
2.4 避雨栽培对葡萄抗氧化活性的影响

由表 7 知,通过 ABTS 法、DPPH 法和 CUP-RAC 法测得自由基清除活性中,露地栽培的葡萄果皮自由基清除能力均高于避雨栽培,且差异显著;而在果肉中同样存在差异但不显著。

3 讨论

3.1 避雨栽培对葡萄果实基本指标的影响

避雨栽培可显著降低果粒的大小,也可降低果穗大小,但差异不显著。且避雨栽培下葡萄最大果穗与最小果穗的差值明显小于露地栽培,故避雨栽培下的葡萄果穗的大小均一性更好,即商



样品 1 为避雨栽培 Sample 1 for rain-shelter cultivation;样品 2 为露地栽培 Sample 2 for conventional cultivation;a. 邻苯基苯酚 o-Hydroxybiphenyl; b. 2-己烯醇 2-Hexen-1-ol, (Z); c. 5-羟甲基-2-糠醛 Hydroxymethyl-furaldehyde; d. 呋喃羟甲基酮 Furylhydroxymethyl ketone; e. 1,3-二羟基-2-丙酮 2-Propanone, 1,3-dihydroxy-; f. 丁酸-3-甲基-2-苯乙酯 Butanoic acid, 3-methyl-, 2-phenylethyl ester; g. 呋喃甲酸 Furoic acid; h. 乙酸乙酯 Ethyl acetate; I. 乙酸 Acetic acid; j. 糠醇 Furanmethanol; k. 2-辛酮 2-Octanone; l. 糠醛 Furfural; m. 麦芽醇 Maltol; n. 月桂醇 Laurinol; o. 辛酸 Octanoic acid; A. 香叶醇 Geraniol; B. 2-己烯醛 Hexylenic aldehyde; C. 酞酸二丁酯 Dibutyl phthalate; D. 己酸 Hexanoic acid; E. 苯乙醇 Phenylethyl alcohol; F. 丁酸乙酯 Ethyl butyrate; G. 2-甲基丁酸乙酯 Ethyl-methyl-butanoate; H. 2-丁烯酸乙酯 Ethyl 2-butenolate; I. 己酸乙酯 Ethyl caproate; J. 2-己烯酸乙酯 Ethyl 2-hexenoate; K. 水杨酸甲酯 Methyl salicylate; L. 苯乙酸乙酯 Ethyl phenylacetate; M. 肉豆蔻酸异丙酯 Isopropyl myristate; N. 5-甲基-2-糠醛 -Hydroxymethyl-furaldehyde; O. 壬酸 Nonanoic acid; P. 乙酸-2-苯乙酯 Acetic acid, 2-phenylethyl ester; Q. 月桂酸 Dodecanoic acid; R. 水杨酸甲酯 Methyl salicylate; S. 棕榈酸 Phlmitic acid; T. 肉豆蔻酸 Tetradecanoic acid; U. 乙酸甲氧基-2-苯乙酯 Acetic acid, methoxy-, 2-phenylethyl ester; V. 癸酸 Capric acid; W. 硬脂酸 Octadecanoic acid; X. 壬醛 Nonanal

图 3 不同栽培模式葡萄香气主成分分析(PCA)载荷图
Fig. 3 Principal component analysis (PCA) analysis of aroma components of grape under different cultivation patterns

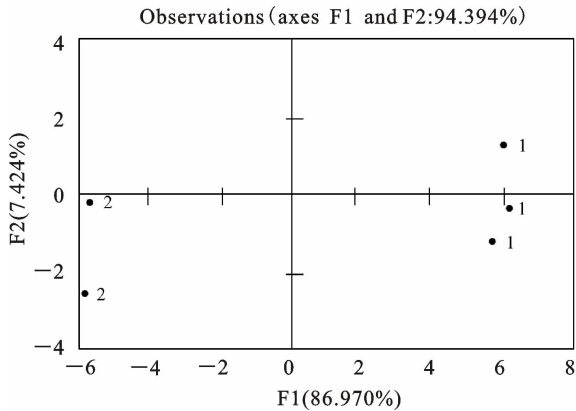
表 6 F1 和 F2 主成分值
Table 6 F1 and F2 principal component values

栽培模式 Cultivation pattern	因子分值	Factor score	贡献率/%	Contribution rate	余弦平方	Squared cosine
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
避雨栽培 Rain-shelter cultivation	6.082	−0.242	17.723	0.327	0.976	0.002
	5.970	1.354	17.076	10.287	0.865	0.044
	5.636	−1.118	15.218	7.015	0.871	0.034
露地栽培 Open-field cultivation	−5.750	−0.212	15.839	0.252	0.923	0.001
	−5.926	−2.594	16.827	37.756	0.814	0.156
	−6.012	2.811	17.317	44.362	0.796	0.174

品外观性更好,该结论与龚倩等^[22]的研究结果一致。

避雨栽培下葡萄果肉硬度显著高于露地栽培,结合品尝,认为避雨栽培下的葡萄果肉比露地栽培更脆;露地栽培葡萄带皮硬度显著高于避雨栽培,结合去皮硬度值分析可知,露地栽培葡萄果皮微厚、韧性微高。露地栽培葡萄带皮硬度与果梗拉力均大于避雨栽培,说明露地栽培下的葡萄与避雨栽培相比有较好的运输和贮藏性能。

避雨栽培下葡萄的糖质量浓度高于露地栽培,但差异不显著;可滴定酸质量浓度在果实发育时期极显著低于露地栽培下的葡萄,且差值较大。成熟时可滴定酸质量浓度显著低于露地栽培下的葡萄果实可滴定酸质量浓度,但差值较小。曹锰等^[23]研究表明,避雨栽培对‘金手指’葡萄的可溶性固形物无影响,但可以显著降低葡萄的可滴定酸量,本试验结果与其结论基本相同。原因



1. 避雨栽培 Rain-shelter cultivation; 2. 露地栽培 Open-field cultivation

图 4 不同栽培模式葡萄香气主成分分析(PCA)分析得分图

Fig. 4 PCA score chart of different cultivation patterns based on aroma components of grape

表 7 葡萄自由基清除活性(以 TEAC 表示)($\bar{x} \pm s$)

自由基 Radical	Table 7 Antioxidant properties of grapes μmol/L			
	果皮 Peel		果肉 Pulp	
	露地栽培 Open-field cultivation	避雨栽培 Rain-shelter cultivation	露地栽培 Open-field cultivation	避雨栽培 Rain-shelter cultivation
ABTS ⁺	591.79±8.59 a	317.29±22.63 b	76.64±18.48 a	31.57±6.46 a
DPPH	530.83±18.39 a	205.42±9.78 b	101.75±10.49 a	57.67±13.91 a
CUPRAC	224.63±15.38 a	129.88±14.67 b	59.63±2.30 a	35.12±18.21 a

主要是避雨栽培在成熟前避开了高温高湿和强光照的环境条件,更利于葡萄叶片光合作用的进行,有利于果实糖分积累和酸的分解^[1,24]。

3.2 避雨栽培对葡萄酚类物质的影响

避雨栽培下葡萄的总酚、总单宁及总花色苷均低于露地栽培。总花色苷质量分数的差异可能是避雨棚降低了光照强度而造成的,这与王学娟等^[24]的研究结果一致。此外,有较多的影响因子都会对葡萄中酚类物质造成影响,其中内因包括葡萄品、树势、成熟度等^[25-26];外因包括葡萄架型、水肥管理、土壤条件、光照条件以及环境温度等^[27-28]。

3.3 避雨栽培对葡萄香气物质的影响

葡萄的香气是衡量葡萄果实品质的一项重要指标^[29]。试验中避雨栽培葡萄共检出 32 种香气,而露地栽培只有 27 种,且避雨栽培葡萄香气物质总量也高于露地栽培下的葡萄,这与温可睿等^[30]的研究结果一致。有研究表明,限制水

分的供给,可提高葡萄香气物质的含量^[31]。避雨栽培恰恰是减少葡萄与水分的接触,且在雨后可将大量水分迅速排除,相当于减少了葡萄水分供给。温可睿等^[30]还认为适度遮阴可以促进葡萄中香气物质的产生。避雨栽培葡萄中 2-己烯醛与己醛的相对含量均高于露地栽培,这 2 类香气物质相对含量的提高有利于提高葡萄的香气风味,这与曹锰等^[23]的研究结果一致。

3.4 避雨栽培对葡萄抗氧化活性的影响

抗氧化性物质能通过各种有效途径清除内外源自由基,抑制氧化扩散,或提高机体内源性清除活性氧化酶活性和数量,从而对自由基所致病变起到防治作用。本试验中露地栽培葡萄果皮和果肉的抗氧化能力均高于避雨栽培,这可能和葡萄中酚类物质含量有关。但鲜食葡萄主要食用的是果肉部分,而 2 种栽培模式下葡萄果肉的抗氧化活性的差异并不显著。故避雨栽培不会明显降低葡萄的保健功能。

参考文献 Reference:

[1] 王紫寒,张 伟,关利平,等. 避雨栽培对泽香葡萄微环境和果实品质的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2015(3):14-17.
WANG Z H,ZHANG W,GUAN L P,*et al.* Effects of rain-shelter cultivation on the microclimate and fruit quality of Zexiang(*V. vinifera* L.)[J]. *Sino-Overseas Grapevine & Wine*,2015(3):14-17(in Chinese with English abstract).

[2] 杜 飞,朱书生,王海宁,等. 不同避雨栽培模式对葡萄主要病害的防治效果和植株冠层温湿度的影响[J]. 云南农业大学学报,2011,26(2):177-184.
DU F,ZHU SH SH,WANG H N,*et al.* Effect of different rain-shelter cultivation modes on main grapevine diseases control and temperature and relative humidity of canopy[J]. *Journal of Yunnan Agricultural University*,2011,26(2):177-184(in Chinese with English abstract).

[3] 黄新动,胡文兰,宋书生,等. 葡萄避雨栽培控病技术的研究与应用[J]. 中国植保导刊,2012,32(10):25-27.
HUANG X D,HU W L,SONG SH SH,*et al.* The research and application of grape disease control technique for shelter cultivation[J]. *China Plant Protection*,2012,32(10):25-27(in Chinese with English abstract).

[4] 陶宇翔,张振文. 简易避雨栽培对红地球果实品质的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2012(1):18-20.
TAO Y X,ZHANG ZH W. The influence of rain-shelter cultivation on the quality of Red Globe[J]. *Sino-overseas Grapevine & Wine*,2012(1):18-25(in Chinese with English abstract).

[5] 陈爱军. 南方葡萄简易避雨栽培技术[J]. 广西农业科学,2004,35(3):200.
CHEN A J. Simple shelter cultivation techniques of southern grape[J]. *Guangxi Agricultural Science*,2004,35(3):200(in Chinese).

[6] MMENG J F,NING P F,XU T F,*et al.* Effect of rain-shelter cultivation of *Vitisvinifera* cv. Cabernet Gernischet on the phenolic profile of berry skins and the incidence of grape diseases[J]. *Molecules*,2013,18(1):381—397.

[7] 李延菊,孙庆田,张 序,等. 避雨栽培对大樱桃园生态因子及生理特性的影响[J]. 果树学报,2014,31(S1):90-97.
LI Y J,SUN Q T,ZHANG X,*et al.* Effects of rain -shelter cultivation on ecological factors and physiological characteristics of sweet cherry[J]. *Journal of Fruit Science*,2014,31(S1):90-97(in Chinese with English abstract).

[8] 宁鹏飞,贺艳楠,张振文. 避雨栽培对蛇龙珠果实及葡萄酒质量影响研究初报[J]. 中国酿造,2011,30(4):55-58.
NING P F,HE Y N,ZHANG ZH W. Effects of procetion cultivation on berry and wine quality of *Vitis vinifera* L cv. Cabernet Gernischt[J]. *China Brewing*,2011,30(4):55-57(in Chinese with English abstract).

[9] 梁艳英,张 莉,王 华.“户太 8 号”葡萄及其冰酒特性研究[J]. 中国酿造,2013,32(1):90-93.
LIANG Y Y,ZHANG L,WANG H. Ice winevini fication characteristics of the ‘Hutai No. 8’ grape[J]. *China Brew-*
ing,2013,32(1):90-93(in Chinese with English abstract).

[10] 马金平,江彦博. 葡萄家族中的新秀—户太八号[N]. 农民日报,2001-11-07(007).
MA J P,JIANG Y B. A rookie of grape family—‘Hutai No. 8’[N]. *Farmers’ Daily*,2001-11-07(007)(in Chinese).

[11] 周会玲,李嘉瑞. 葡萄果实组织结构与耐贮性的研究[J]. 中国农学通报,2005,21(7):239-241.
ZHOU H L,LI J R. Study on the relationship between fruit testure and storage character in grapes[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*,2005,21(7):239-241(in Chinese with English abstract).

[12] 王 华. 葡萄与葡萄酒实验技术操作规范[M]. 西安:西安地图出版社,1999.
WANG H. Grape and Wine Experiment Technical Operation Specification[M]. Xi’an:Xi ’an Map Press,1999(in Chinese).

[13] 王 华. 葡萄酒分析检测[M]. 北京:科学出版社,2005,55-70.
WANG H. Wine Analysis Test [M]. Beijing: Science Press,2005,55-70(in Chinese).

[14] 张振文,宁鹏飞,张军贤,等. 葡萄酒缩合单宁测定方法的比较研究[J]. 食品科学,2012,33(20):233-237.
ZHANG ZH W,NING P F,ZHANG J X,*et al.* Comparison of two methods for the determination of condensed tannins in wine[J]. *Food Science*,2012,33(20):233-237(in Chinese with English abstract).

[15] 翦 伟,韩舜愈,张 波,等. 单一 pH 法、pH 示差法和差减法快速测定干红葡萄酒中总花色苷含量的比较[J]. 食品工业科技,2012,33(23):323-325,423.
JIAN Y,HAN SH Y,ZHANG B,*et al.* Comparison of single pH method, pH-differential method and substraction method for determing content of anthocyanins from red wine[J]. *Science and Technology of Food Industry*,2012,33(23):323-325,423(in Chinese with English abstract).

[16] 刘 晶,王 华,李 华,等. CO₂ 浸渍毛葡萄酒香气成分的 GC/MS 分析[J]. 中国酿造,2012,31(7):159-163.
LIU J,WANG H,LI H,*et al.* GC/MS analysis of aroma compounds in *Vitis quinquangularis* Rehd. wine made by carbonic maceration[J]. *China Brewing*,2012,31(7):159-163(in Chinese with English abstract).

[17] 张 昂. 葡萄冬剪枝条抗氧化特性及活性酚类成分的研究[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2013.
ZHANG A. Study on antioxidant properties of winter vine-prunings and their acitive phenolic constituents[D],Yan-gling Shaanxi: Northwest A&F University,2013(in Chinese with English abstract).

[18] BRANDWILLIAMS W,CUVELIER ME,BERSET C. Use of a free-radical method to evaluate antioxidant activity[J]. *LWT-Food Science and Technology*,1995,28(1):25-30.

- [19] 江慎华,吴士云,马海乐,等. 诃子抗氧化活性物质提取工艺与抗氧化活性研究[J]. 农业机械学报,2011,42(4):120-126.
JIANG SH H, WU SH Y, MA H L, *et al.* Extraction technology and antioxidant activities of bioactive components from *Terminalia chebula* Rrtz[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2011, 42(4):120-126(in Chinese with English abstract).
- [20] APAK R, GUCLU K, OZYUREK M, *et al.* Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupricion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, 52(26):7970-7981.
- [21] 王晓宇. 葡萄酒抗氧化活性及其检测方法的研究[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2008.
WANG X Y. Study on the antioxidant activity and methods of detection in wine[D]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University, 2008(in Chinese with English abstract).
- [22] 龚 倩,王 华. 陕西关中地区鲜食葡萄引种观察[J]. 北方园艺,2012(15):21-25.
GONG Q, WANG H. Primary reports on introduction of table-grape in Guanzhong area of Shaanxi province[J]. *Northern Hourticulture*, 2012(15):21-25(in Chinese with English abstract).
- [23] 曹 锰,郭景南,魏志峰,等. 避雨栽培对“金手指”葡萄果实生长及香气物质组分的影响[J]. 果树学报,2015,32(5):894-902.
CAO M, GUO J N, WEI ZH F, *et al.* Effects of rain-shelter cultivation on development and aromatic component of ‘Gold Finger’ grape[J]. *Journal of Fruit Science*, 2015, 32(5):894-902(in Chinese with English abstract).
- [24] 王学娟,徐冬雪,王秀芹. 避雨栽培对“赤霞珠”葡萄果实品质影响的对比研究[J]. 中国农学通报,2011,27(29):114-118.
WANG X J, XU D X, WANG X Q. The comparative study of rain-shelter on fruit quality of *Cabernet sauvignon*[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2011, 27(29):114-118(in Chinese with English abstract).
- [25] PENA-NERIA A, DUENAS M, DUARTE A. Effects of ripening stages and of plant vegetative vigor on the phenolic composition of grapes (*Vitisvinifera* L.) cv. *Cabernet sauvignon* in the Maipo Valley (Chile)[J]. *Vitis*, 2004, 43(2):51-57.
- [26] JAMES A, KENNEDY J A, MATTHEWS M A, *et al.* Effect of maturity and vine water status on grape skin and wine flavonoids[J]. *American Journal of Endogy and Viticulture*, 2002, 53(4):268-274.
- [27] 张军贤,张振文. 架式与新梢留量对赤霞珠葡萄酒中单体的影响[J]. 中国农业科学,2010,43(18):3784-3790.
ZHANG J X, ZHANG ZH W. Effects of trellis system and shoot density on free phenol of wine from *Vitisvinifera* L. cv. *Cabernet sauvignon*[J]. *Scientia Agricultural Sinica*, 2010, 43(18):3784-3790(in Chinese with English abstract).
- [28] MARTIN P, DELGADO R. Changes in the phenolic composition of grape berries during ripening in relation to vineyard nitrogen and potassium fertilisation rates[J]. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 2004, 84(7):623-630.
- [29] RAMOM MIRA D E. Climate change associated effects on grape and wine quality and production[J]. *Food Research International*, 2010, 43(7):1844-1855.
- [30] 温可睿,黄敬寒,潘秋红. 葡萄香气物质及其影响因素的研究进展[J]. 果树学报,2012,29(3):454-460.
WEN K R, HUANG J H, PAN Q H. Research progress of aromatic compounds and influencing factors in grapes[J]. *Journal of Fruit Science*, 2012, 29(3):454-460(in Chinese with English abstract).
- [31] CHANGRONG O U, XIAOFENG D U, SHELLIE K, *et al.* Volatile compounds and sensory attributes of wine from Cv. Merlot (*Vitisvinifera* L.) grown under differential levels of water deficit with or without a kaolin-based, foliar reflectant particle film[J]. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 2010, 58(24):12890-12898.

Effects of Rain-shelter Cultivation on Quality of ‘Hutai No. 8’ Grape

WANG Kai¹, JU Yanlun¹, WEI Xiaofeng¹, TU Tingyao¹ and FANG Yulin^{1,2}

(1. College of Enology, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China;

2. Shaanxi Engineering Research Center for Viti-Vini Culture, Yangling Shaanxi 712100, China)

Abstract The objective of this study is to compare the fruit size, hardness, sugar and acids content and other indicators of dominate table grape cultivar ‘Hutai No. 8’ under rain-shelter cultivation and open-field cultivation. Meanwhile, the influence of rain-shelter cultivation on aroma substance, poly-phenols and antioxidant activity of grape berries were also investigated, so as to guide the production of ‘Hutai No. 8’ grape. The results showed that: compared with the open-field cultivation, rain-shelter cultivation had smaller size of grape berries and cluster, with higher hardness of peeled grape berries by 13.56%, lower fruit hardness without peel by 7.04%, and lower tension of stems by 9.73%. The rain-shelter cultivation can increase the sugar mass concentration of grape berries with no significant difference observed, however, the ratio of soluble solid mass concentration to titration acid improved significantly. The value of pH, mass concentration of acid, total phenolic, tannins and anthocyanins of grapes under rain-shelter cultivation were all lower significantly than those of open-field cultivation. The total relative content of aroma was higher by 4.95% compared with the open-field cultivation. Meanwhile, the antioxidant activity of grape berries under open-field cultivation was lower than the open-field cultivation. The free radical scavenging ability of grape skins under rain-shelter cultivation decreased significantly while no obvious change was observed in grape pulp.

Key words ‘Hutai No. 8’ grape; Rain-shelter cultivation; Open-field cultivation; Fruit quality

Received 2016-05-19 **Returned** 2016-07-06

Foundation item The Innovation Project of Science and Technology Plan of Shaanxi Province(No. 2013KTCL02-01); Agricultural Science and Technology Demonstration Project of Yangling Demonstration Zone(No. 2014-TS-28); Fruit Special Project of Shaanxi Province; Special Project of National (grapes) Modern Agriculture Industry Technology System(No. nycytx-30-2-p-04).

First author WANG Kai, male, master student. Research area: grapes and wine. E-mail: 569425884@qq.com

Corresponding author FANG Yulin, male, Ph. D, professor, doctoral supervisor. Research area: viti-culture. E-mail: fangyulin@nwsuaf.edu.cn

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