

基于主成分和聚类分析法评价不同有机滴灌肥处理对酿酒葡萄和葡萄酒品质的影响

王振龙, 张筠筠, 孙 权, 王 锐*

(宁夏大学农学院, 宁夏 银川 750021)

摘 要: 为研究追施有机滴灌肥在酿酒葡萄和葡萄酒品质上的应用效果, 以 5 年生酿酒葡萄“赤霞珠”为试验材料, 通过田间试验设置常规施肥 (CK)、常规施肥 + 生物有机肥提取液 (T1)、常规施肥 + 氨基酸肥 (T2)、常规施肥 + 海藻肥 (T3)、常规施肥 + 沼液肥 (T4), 分析不同有机滴灌肥处理下酿酒葡萄与葡萄酒品质状况。通过主成分和聚类分析, 综合评价不同施肥处理下品质差异, 采用最短距离法对各施肥处理进行系统聚类。结果表明, 酿酒葡萄与葡萄酒的品质指标表现出显著或极显著的正相关关系; 综合品质质量排序为 T3>T4>T2>T1>CK; 不同施肥处理下葡萄与葡萄酒品质质量可聚为 3 类, 常规施肥处理单独聚为一类, 品质质量为三等, 常规施肥 + 生物有机肥提取液和常规处理 + 氨基酸两个处理聚为一类, 品质质量为二等, 常规施肥 + 海藻肥和常规施肥 + 沼液肥两个处理聚为一类, 品质质量为一等, 最好。综合评价, 在常规处理基础上追施海藻肥对提高葡萄与葡萄酒品质的效果最为明显。

关键词: 品质; 有机滴灌; 主成分; 聚类

目前, 我国酿酒葡萄的种植面积以及酿酒葡萄的总体产量表现出增长的趋势^[1], 宁夏自治区有着适宜葡萄酒酿造业发展的优越自然资源, 因此该地区发展葡萄酒产业的潜力很大。到目前为止, 宁夏葡萄产业的发展已初具规模。

水溶性有机肥采用纯天然精细食品级原料, 是一种精细化粉末状的全溶性高含量有机肥料, 通常是用有机废弃物经过一定的处理后制成的一类肥料, 对原料品质和处理工艺都有严格的要求^[2-3]。在大力推广滴灌技术的大环境下, 将肥料溶于灌溉水中, 随灌溉水施入葡萄园土壤, 从而消除土壤板结, 提高肥料利用率, 减少化肥的施用量, 提高酿酒葡萄品质, 而且可降低生产成本, 防止环境污染^[4]。酿酒葡萄生育关键时期追施肥料也是提高葡萄品质的栽培措施, 根据酿酒葡萄需肥特征进行有机滴灌施肥, 达到精准施肥的目的。

葡萄酒是用新鲜的葡萄或者葡萄汁经过发酵酿

成的酒精饮料, 通常分为红葡萄酒和白葡萄酒两种。在日常生活中, 人们会从葡萄酒的外观、香气、口感等方面来评价酒品质的好坏, 而酒的这些特质很大程度上是酿酒葡萄本身的各项理化指标所体现的, 如花色苷等物质的含量体现了葡萄酒的外观, 糖、酸、单宁等决定了葡萄酒的口感, 芳香物质决定了葡萄酒的香气^[5]。为了探究酿酒葡萄与葡萄酒的理化指标之间的内在联系, 考虑到许多外在因素, 葡萄酒的理化指标并不完全等同于酿酒葡萄的理化指标^[6]。本研究利用 SPSS 软件对酿酒葡萄和葡萄酒各项数据进行典型的相关分析, 由于各项指标参数较多, 采用主成分分析和聚类分析将各项指标分为几个主要成分, 将各个处理进行等分排名以及等级分类。本试验选择在宁夏自治区永宁县闽宁镇地区, 为典型灰钙土, 以酿酒葡萄 (赤霞珠) 为主要农作物的种植基地, 通过有机滴灌肥的施用, 研究不同施肥处理下对该产地赤霞珠果实和所酿葡萄酒品质的差异, 以期对贺兰山东麓地区进一步发展葡萄与葡萄酒产业提供有力的理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况与供试肥料

试验地位于宁夏银川永宁县闽宁镇立兰酒庄

收稿日期: 2018-11-27; 录用日期: 2019-01-23

基金项目: 宁夏重点研发计划项目 (2018BBF02021, 2016BZ0602); 现代农业产业技术体系建设专项资金项目 (nycytx-30)。

作者简介: 王振龙 (1993-), 男, 甘肃武威人, 硕士研究生, 主要从事干旱区农业资源高效利用研究。E-mail: 1341863263@qq.com。

通讯作者: 王锐, E-mail: amwangrui@126.com。

(N38° 12' 19", E106° 02' 39"), 试验区属于温带大陆性半干旱气候, 年均日照数在 2 800 h 以上, 昼夜温差 10 ~ 15℃, 年均气温 8.8℃, 有利于酿酒葡萄糖分积累; 年均降水量 220 mm, 适合生育期在 150 d 以下的酿酒葡萄品种。该试验以灰钙土为主, 基本化学性质见表 1。

表 1 土壤基本化学性质

深度 (cm)	pH值	全盐 (g/kg)	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
0 ~ 20	8.33	0.41	3.35	13.46	9.34	163.33
20 ~ 40	8.47	0.45	3.01	11.84	11.62	193.42
40 ~ 60	8.40	0.46	4.43	10.57	10.37	120.00

本试验供试肥料: 羊粪生物有机肥 (N+P₂O₅+K₂O ≥ 5%)、沼液复合微生物肥 (N+P₂O₅+K₂O ≥ 6%)、海藻生物有机肥 (N+P₂O₅+K₂O ≥ 36%)、氨基酸水溶肥 (N+P₂O₅+K₂O ≥ 20%)。

1.2 试验设计

本试验于 2018 年 4 ~ 10 月进行, 采用单因素随机区组设计, 在生育期初期所有处理全部基施 4.5 t/hm² 羊粪腐熟发酵的生物有机肥 (含氮量 2.5%), 等氮条件下通过滴灌的方式追施不同种类有机滴灌肥, 共设置 5 个不同处理, CK: (不追施); T1: 追施羊粪生物有机肥发酵提取液 4.5 t/hm² (含氮量 2.5%); T2: 追施氨基酸水溶肥 (含氮量 13%) 0.84 t/hm²; T3: 追施海藻生物有机肥 (含氮量 12.5%) 0.9 t/hm²; T4: 追施沼液复合微生物肥 (含氮量 4%) 2.8 t/hm², 根据生育期需肥特征分 6 次追施, 各处理重复 3 次。肥料施用量除 CK 外, T1 ~ T4 处理是在等氮的条件下, 根据基施羊粪生物有机肥的氮含量乘以施用量, 得到追施有机滴灌肥的总氮含量, 再根据不同种类有机滴灌肥氮含量折算出具体追肥施用量。

1.3 测定方法

1.3.1 酿酒葡萄品质的测定

在酿酒葡萄收获后, 随机采集各处理具有代表性果穗 30 串, 每穗随机取 1 粒共选取 30 粒葡萄用搅拌机打成匀浆测定品质。部分指标如单宁、花色苷、总酚则需要用液氮保存 24 h 后测定。采用手持糖量计测定果实可溶性固形物 (SS) 含量; NaOH 滴定法测定果实可滴定酸 (TA) 含量 (以

酒石酸计); 斐林试剂滴定法测定还原糖 (RS) 含量 (以葡萄糖计)^[7]; 福林-丹尼斯法测定单宁 (TN) 含量 (以单宁酸计)^[8], 单宁酸标准曲线为: $y=0.0015x-0.0158$; 福林-肖卡法测定总酚 (TP) 含量 (以没食子酸计)^[9]; 总酚酸标准曲线为: $y=0.0107x-0.0008$; pH 示差法测定花色苷 (AY) 含量^[10]; SAR 代表糖酸比。

1.3.2 酿造葡萄酒品质的测定

在葡萄成熟时随机选取 5 kg 酿酒葡萄果实, 剪掉梗并挤压破皮后倒入 2.5 L 发酵罐中, 并且添加 20 mg/L 果胶酶, 50 mg/L 偏重亚硫酸钾。在 25 ~ 30℃ 进行发酵, 3 周后发酵完成, 将葡萄酒与葡萄皮渣分离, 过滤澄清后装瓶。葡萄酒 pH 值用 pH 计测定; 比重法测定乙醇度 (AH); 密度瓶法测定葡萄酒干浸出物 (DE); 分光光度计法测定色度 (CI); 用斐林试剂热滴定法测定残糖 (RES) 含量; 氢氧化钠标准溶液滴定法测定总酸 (TAC) 含量; 用福林酚法测定总酚含量; 用福林-丹尼斯法测定单宁含量; 用 pH 示差法测定花色苷含量 (以矢车菊色素-3-葡萄糖苷计)^[11-12]。

1.4 统计分析

试验数据以 Excel 2010 软件整理, 采用 SPSS 21.0 软件进行统计分析, 用 LSD 法进行显著性检验, 显著性水平 $P<0.05$ ($n=5$), 结合权重, 隶属函数法进行相关值的评价。

2 结果与分析

2.1 不同处理对酿酒葡萄及葡萄酒品质的影响

2.1.1 不同处理对酿酒葡萄糖、酸含量的影响

由表 2 可知, 施用不同有机滴灌肥可提高酿酒葡萄可溶性固形物的含量, 并与 CK 处理存在显著性差异, 其中, T4 处理下的固形物含量达到了最高 (25.60%), 比 CK 提高了 10.11% ($P<0.05$), 其次是 T1, 可溶性固形物含量是对酿酒葡萄总糖含量的反映, 而糖分含量决定酿造葡萄酒的乙醇度; 有机滴灌肥也可提高酿酒葡萄还原糖的含量, 除 T1 外, 其它处理与 CK 均表现出显著性差异, 且 T4 处理下的还原糖含量最高, 达到了 20.10%, 较 CK 增加了 12.48% ($P<0.05$); 与 CK 相比, 施用有机滴灌肥处理可有效降低可滴定酸的含量, 但各处理间无显著性差异; 适当的糖酸比可提高酿造葡萄酒的风味, 并且提高酿酒葡萄品质, 总体来看, 有机滴灌肥处理下的葡萄糖酸比均有明显提

高，相较 CK 处理均存在显著差异，其中，T2 处理下的葡萄糖酸比达到了最高（48.15），具体表现为 T2>T4>T3>T1>CK。

表 2 不同处理对酿酒葡萄糖、酸含量的影响

处理	可溶性固形物（%）	还原糖（%）	可滴定酸（g/kg）	糖酸比
CK	23.25 ± 0.09d	17.87 ± 0.29c	5.46 ± 0.12a	32.49 ± 1.03c
T1	24.90 ± 0.03b	18.06 ± 0.15c	4.53 ± 0.26b	40.13 ± 2.65b
T2	24.05 ± 0.12c	19.26 ± 0.03b	4.03 ± 0.03b	48.15 ± 0.29a
T3	24.00 ± 0.00c	19.51 ± 0.15b	4.45 ± 0.06b	43.36 ± 0.41ab
T4	25.60 ± 0.03a	20.10 ± 0.25a	4.52 ± 0.24b	44.67 ± 2.70ab

注：同列数据后不同字母表示处理间差异达 5% 显著水平。下同。

2.1.2 不同处理对酿酒葡萄单宁、花色苷、总酚的影响

由表 3 可看出，不同有机滴灌肥的施用可有效降低酿酒葡萄单宁含量，且都在合理范围以内，从而降低了葡萄酒的涩味，提升口感，相对于 CK 处理都存在显著性差异，其中 T4 处理下的单宁含量较 CK 处理降低幅度最大，达到了 15.77 mg/g，降低了 34.24%（ $P<0.05$ ），其次是 T2；有机滴灌肥的追施对酿酒葡萄花色苷的提高有着积极的作用，与不追施处理（CK）相比，T3、T4 在同一显著水平上，相比 CK 分别提高了 26.11%、18.47%（ $P<0.05$ ），T1、T2 在同一显著水平上，相比 CK 分别提高了 10.83%、9.55%（ $P<0.05$ ）；有机滴灌肥的追施也可提高酿酒葡萄总酚的含量，与不追施处理（CK）相比，各处理都有不同程度的提高，其中，T4 处理下的总酚含

量达到了最高（13.70 mg/g），且存在显著性差异，其它处理与 CK 相比不存在显著性差异。

表 3 不同处理对酿酒葡萄单宁、花色苷、总酚含量的影响（mg/g）

处理	单宁	花色苷	总酚
CK	23.98 ± 0.99a	1.57 ± 0.03c	11.18 ± 0.28b
T1	19.22 ± 0.30b	1.72 ± 0.03b	11.90 ± 0.26b
T2	16.06 ± 0.37cd	1.74 ± 0.04b	12.44 ± 0.25ab
T3	18.04 ± 0.32bc	1.98 ± 0.02a	12.17 ± 0.35b
T4	15.77 ± 0.92d	1.86 ± 0.06a	13.70 ± 0.74a

2.1.3 不同处理对酿造葡萄酒基本理化性质的影响

由表 4 可知，追施有机滴灌肥处理对酿造葡萄酒 pH 值与不追施（CK）相比无显著性差异；除 T3 处理下的酒精度相比 CK 略有偏高，其余处理低于 CK，但总体变化不大，差值基本保持在 0.03 ~ 0.33 个百分点之间；T2 和 T3 处理下的残糖含量相比 CK 存在显著性差异，且两个处理在同一显著水平上，其中，T3 处理的残糖含量达到了最高（3.04 g/L），相比 CK 提高了 17.37%（ $P<0.05$ ），其次是 T2，其它处理较 CK 无显著差异；追施有机滴灌肥处理可提高葡萄酒干浸出物的含量，且各处理相比 CK 都存在显著性差异，其中 T4 处理下的干浸出物含量达到了最高（25.44 g/L），其次是 T2；除 T1 外，其它追施有机滴灌肥处理的总酸含量相比 CK 都有所下降，且都存在显著性差异，T2 和 T4 处理下的总酸含量降低幅度最大，达到了最低（6.52 g/L），比 CK 降低了 2.98%（ $P<0.05$ ）。

表 4 不同处理对酿造葡萄酒基本理化性质的影响

处理	pH 值	酒精度（%）	残糖（g/L）	干浸出物（g/L）	总酸（g/L）
CK	3.75 ± 0.01a	13.61 ± 0.14a	2.59 ± 0.05b	21.09 ± 0.82c	6.72 ± 0.03a
T1	3.75 ± 0.02a	13.28 ± 0.04b	2.52 ± 0.06b	22.67 ± 0.65bc	6.73 ± 0.02a
T2	3.78 ± 0.00a	13.45 ± 0.13ab	2.93 ± 0.02a	25.03 ± 0.42ab	6.52 ± 0.01c
T3	3.79 ± 0.00a	13.64 ± 0.04a	3.04 ± 0.03a	25.00 ± 1.22ab	6.62 ± 0.02b
T4	3.80 ± 0.03a	13.54 ± 0.02ab	2.59 ± 0.04b	25.44 ± 0.38a	6.52 ± 0.01c

2.1.4 不同处理对酿造葡萄酒单宁、花色苷、总酚含量的影响

由表 5 可知，追施有机滴灌肥可降低酿造葡萄酒单宁含量，从而降低葡萄酒的涩味，除 T2 处理

外, 其它处理与 CK 存在显著性差异, 其中, T3 处理最为显著, 达到最低 (16.39 g/L), 比 CK 降低了 21.38% ($P<0.05$); 追施有机滴灌肥还可提高葡萄酒花色苷的含量, 且各处理较 CK 都存在显著性差异, 各追施处理之间没有显著性差异, 具体表现为

T4>T2>T1>T3>CK; 追施有机滴灌肥处理还可提升葡萄酒总酚含量, 各处理与 CK 存在显著性差异, T1、T2、T3 在同一显著水平上, T4 处理下的葡萄酒总酚含量达到最高 (3.70 g/L); 葡萄酒的色度体现了葡萄酒外观质量, 总体与花色苷含量成正比关系。

表 5 不同处理对酿造葡萄酒单宁、花色苷、总酚含量的影响

处理	单宁 (g/L)	花色苷 (g/L)	总酚 (g/L)	色度
CK	21.39 ± 1.74a	83.66 ± 3.96b	3.01 ± 0.18b	10.29 ± 0.13c
T1	17.27 ± 0.69ab	97.70 ± 3.14a	3.67 ± 0.06ab	10.61 ± 0.13bc
T2	20.92 ± 2.11a	98.23 ± 0.53a	3.68 ± 0.16ab	11.19 ± 0.10ab
T3	16.39 ± 0.07b	97.38 ± 2.57a	3.69 ± 0.22ab	11.85 ± 0.34a
T4	17.54 ± 0.49ab	98.24 ± 1.93a	3.70 ± 0.44a	11.27 ± 0.43ab

2.2 酿酒葡萄品质与葡萄酒品质的相关关系

由表 6 可见, 酿酒葡萄还原糖含量与葡萄酒 pH 值和干浸出物存在极显著的正相关关系, 相关系数分别为 0.995 和 0.947, 与总酚含量呈显著正相关关系, 相关系数为 0.886, 与葡萄酒总酸含量呈显著负相关关系, 相关系数为 -0.893; 酿酒葡萄可滴定酸含量与葡萄单宁含量呈显著正相关关系, 相关系数为 0.910, 与酿酒葡萄糖酸比、葡萄酒花色苷含量呈极显著负相关关系, 相关系数分别为 -0.963 和 -0.929; 酿酒葡萄糖酸比与葡萄的单宁含量呈极显著负相关关系, 系数为 -0.969, 与葡萄酒的干浸出物和花色苷含量呈显著正相关关系; 酿酒葡萄单宁含量与葡萄酒的干浸出物和花色苷含量呈显著负相关关系; 酿酒葡萄花色苷含量与葡萄酒色度呈显著正相关关系; 除葡萄酒的干浸出物含量与 pH 值呈极显著的正相关关系, 相关系数为 0.928, 与其余指标均未达到显著水平; 葡萄酒酒精度、残糖含量与各指标存在正或负相关关系, 但未达到显著水平; 葡萄酒干浸出物含量与总酸含量呈显著负相关关系, 与葡萄酒色度呈正相关关系; 葡萄酒单宁含量与总酚含量呈极显著负相关关系, 相关系数为 -0.919。

2.3 有机滴灌肥对酿酒葡萄与葡萄酒品质的综合评价

2.3.1 影响葡萄与葡萄酒品质指标的主成分分析

影响葡萄与葡萄酒品质的因素很多, 且诸因素间存在一定的交互关系, 致使反映各品质状况的许多指标信息发生交织和重叠。主成分分析是将

多个指标重新组合成一组新的互相无关的几个综合指标, 以达到尽可能多地反映指标信息的分析方法^[13], 应用主成分分析法可在多个品质指标体系中筛选出若干个彼此不相关的综合性指标, 且能够反映出原来全部指标所提供大部分信息。本试验选取了葡萄与葡萄酒品质指标共 16 项数据进行主成分分析, 组成 5×16 的原始矩阵, 分析之后最终产生 3 个主成分, 由表 7 可知, 所产生的特征值分别为 10.172、2.654、1.826, 通过考虑贡献量化所产生的贡献率, 第 1 主成分对总方差的贡献率为 63.58%, 第 2 主成分对总方差的贡献率为 16.59%, 第 3 主成分对总方差的贡献率为 11.42%。3 个主成分的分差累积贡献率能够反映葡萄与葡萄酒各品质指标方差 91.58% 的信息, 说明 3 个主成分可以衡量这 16 个指标的所有信息。

通过表 7 可看出, 由特征值产生的特征向量说明了主成分与原始变量之间的关系, 关系与特征向量的绝对值成正比, 在第 1 主成分上, 还原糖、可滴定酸、糖酸比、单宁、花色苷、总酚、pH 值、干浸出物、总酸 (酒)、花色苷 (酒)、总酚 (酒)、色度 (酒) 等指标有较大的向量值, 这些指标既是酿酒葡萄最基本的品质指标, 也是葡萄酒质量最直观的体现; 在第 2 主成分上, 葡萄可溶性固形物与葡萄酒酒精度和残糖含量有较大的向量值, 它们之间关系密切; 在第 3 主成分上, 葡萄酒单宁含量有较大的负向量值。

表 6 酿酒葡萄品质与酒品质之间的线性相关系数

指标	SS	RS	TA	SAR	TN	AY	TP	pH	AH (酒)	RES(酒)	DE (酒)	TAC(酒)	TN (酒)	AY (酒)	TP (酒)	CI (酒)
SS	1															
RS	0.526	1														
TA	-0.436	-0.605	1													
SAR	0.471	0.776	-0.963**	1												
TN	-0.664	-0.84	0.910*	-0.969**	1											
AY	0.447	0.801	-0.584	0.638	-0.685	1										
TP	0.821	0.886*	-0.572	0.723	-0.858	0.602	1									
pH	0.459	0.995**	-0.556	0.735	-0.791	0.815	0.843	1								
AH (酒)	-0.416	0.335	0.376	-0.186	0.202	0.265	-0.008	0.421	1							
RES(酒)	-0.362	0.46	-0.52	0.542	-0.376	0.579	0.039	0.506	0.431	1						
DE (酒)	0.522	0.947**	-0.824	0.928*	-0.946*	0.824	0.833	0.928**	0.111	0.568	1					
TAC(酒)	-0.373	-0.893*	0.665	-0.838	0.84	-0.502	-0.818	-0.872	-0.206	-0.449	-0.882*	1				
TN (酒)	-0.629	-0.407	0.334	-0.286	0.412	-0.795	-0.41	-0.399	0.098	-0.087	-0.441	0.006	1			
AY (酒)	0.694	0.648	-0.929**	0.891*	-0.921*	0.715	0.693	0.594	-0.417	0.326	0.827	-0.567	-0.626	1		
TP (酒)	0.848	0.604	-0.359	0.39	-0.572	0.77	0.703	0.579	-0.083	-0.07	0.573	-0.256	-0.919**	0.667	1	
CI (酒)	0.253	0.839	-0.66	0.734	-0.717	0.950*	0.557	0.86	0.361	0.78	0.882*	-0.643	-0.577	0.677	0.552	1

注: * 代表差异显著 ($P<0.05$), ** 代表差异极显著 ($P<0.01$)。

表 7 影响葡萄与葡萄酒品质各指标的主成分分析

指标	主成分 1	主成分 2	主成分 3
X1: 可溶性固形物	0.635	-0.719	0.105
X2: 还原糖	0.93	0.208	0.121
X3: 可滴定酸	-0.817	0.064	0.489
X4: 糖酸比	0.902	0.052	-0.421
X5: 单宁	-0.951	0.109	0.285
X6: 花色苷	0.866	0.105	0.406
X7: 总酚	0.86	-0.212	0.013
X8: pH (酒)	0.905	0.283	0.178
X9: 酒精度 (酒)	0.032	0.785	0.559
X10: 残糖 (酒)	0.476	0.746	-0.087
X11: 干浸出物 (酒)	0.985	0.147	-0.083
X12: 总酸 (酒)	-0.809	-0.301	0.296
X13: 单宁 (酒)	-0.575	0.425	-0.576
X14: 花色苷 (酒)	0.88	-0.319	-0.218
X15: 总酚 (酒)	0.7	-0.494	0.516
X16: 色度 (酒)	0.871	0.356	0.217
特征值	10.172	2.654	1.826
贡献率 (%)	63.58	16.59	11.42
累积贡献率 (%)	63.58	80.16	91.58

2.3.2 基于主成分和聚类分析评价不同生物有机滴灌肥对酿酒葡萄和葡萄酒质量评价

鉴于本试验中 16 个品质指标具有不同的量纲, 同时它们的数量级差别也很大, 因此需要对原始数据进行标准化处理, 以排除不同量纲和数量级对评价结果的影响, 确保主成分分析结果的客观性和科学性。标准化后的指标计作 ZX1、ZX2、ZX3、

ZX4、ZX5、ZX6、ZX7、ZX8、ZX9、ZX10、ZX11、ZX12、ZX13、ZX14、ZX15、ZX16。

主成分是 16 个标准化指标的线性组合, 权重系数分别为各指标相对应的特征向量 (表 7), 因此, 可得各主成分的函数表达式:

$$F1=0.635ZX1+0.93ZX2-0.817ZX3+0.902ZX4-0.951ZX5+0.886ZX6+0.86ZX7+0.905ZX8+0.032ZX9+0.476ZX10+0.985ZX11-0.809ZX12-0.575ZX13+0.88ZX14+0.7ZX15+0.871ZX16$$

F2、F3 同样可以由表 7 的标准化标量表示。

由表 8 可得, 通过隶属函数 $u(X_j - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$, ($j=1, 2, \dots, n$) 求得 u_1, u_2, u_3 , 进一步通过权重 $W_j - P_j / \sum_{j=1}^n P_j$, 以及综合评价价值 D 值: $D = \sum_{j=1}^n [u(X_j) \times W_j]$, 计算可得 T3 处理的得分最高, 为 2.285, 其次为 T4, 得分为 1.955, 顺序依次是 T3>T4>T2>T1>CK, 说明常规施肥+海藻肥处理的葡萄与葡萄酒品质最好。通过图 1 以欧式距离作为衡量不同处理品质差异大小的标准, 采用最短距离法对各施肥处理进行系统聚类, 可以把品质质量分为 3 等, CK 处理单独聚为一类, 品质质量为三等, T1 和 T2 聚为一类, 品质质量为一等, T3 和 T4 聚为一类, 品质质量为一等, 最好。

表 8 有机滴灌肥对酿酒葡萄及葡萄酒品质指标综合评价

处理	F1	F2	F3	u1	u2	u3	D 值 (得分)	排名
CK	-0.787	-0.926	-0.483	0.105	0.147	0.174	-0.304	5
T1	-1.037	0.596	-0.682	0.000	0.862	0.090	0.452	4
T2	0.682	-1.239	0.594	0.723	0.000	0.631	0.868	3
T3	-0.199	0.889	1.466	0.352	1.000	1.000	2.285	1
T4	1.341	0.680	-0.895	1.000	0.902	0.000	1.955	2

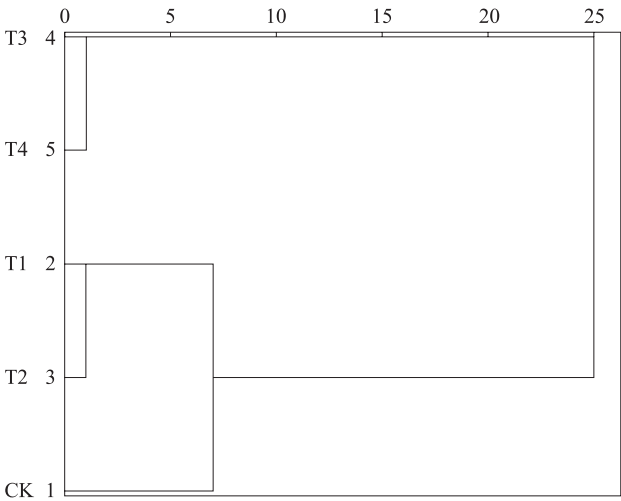


图 1 各处理葡萄及葡萄酒品质聚类分析

3 讨论

酿酒葡萄的品质决定葡萄酒的品质, 酿酒葡萄进入成熟期, 浆果内的糖、酸等物质都会有一定的积累, 糖类物质不仅改善酿酒葡萄风味, 同时, 对酿酒葡萄其他品质起到特别重要的作用^[14-15]。施肥是改善作物品质及提高作物产量的重要措施, 不同的肥料及施用模式对作物生长的效果及作用机制不同^[16-17]。本文测定了酿酒葡萄与葡萄酒的各类糖、酸和酚类含量的差异, 结果表明, 追施有机滴灌肥的效果要好于常规处理, 其中, 在常规施肥的基础上追施海藻肥效果最为明显, 这与郭洁等^[18]的研究结果基本一致。糖、酸、单宁、色素、芳香物质是

决定酿酒葡萄品质高低的重要因素,可溶性固形物是对酿酒葡萄总糖的反映^[19],适宜的糖酸比是判断葡萄果实成熟的重要指标,本试验通过追施有机滴灌肥可提高固形物的含量,从而提高葡萄糖酸比,这与许晓瑞等^[20]的研究结果一致。葡萄酒的质量与其基本的理化性质息息相关,通过测定葡萄酒基本的理化性质,葡萄酒各项指标均达到了国家标准(GB/T 15037-2006)^[21-22]。本试验结果表明,追施生物有机肥对葡萄酒 pH 值和酒精度影响不大,但对色度、干浸出物的增加起到促进作用;葡萄酒中的酚类化合物是必不可少的感官品质,该物质的存在对葡萄酒的质量以及葡萄酒富含的营养价值起着重要作用,同时,花色苷作为葡萄酒中的色素,对葡萄酒颜色的深浅产生一定的影响,此外,单宁作为葡萄酒中的灵魂物质,对葡萄酒的口感意义重大^[23-25]。结果表明,追施有机滴灌肥处理下的葡萄酒花色苷和总酚含量相对于 CK 有明显提升,使葡萄酒的口感柔和并且芳香浓郁,其中在常规处理的基础上追施沼液肥处理效果最为明显;单宁的存在会使葡萄酒的口感略显苦涩,本试验结果表明,追施生物有机肥处理可降低葡萄酒中单宁含量,从而提升葡萄酒的口感,其中在常规施肥的基础上追施海藻肥处理效果最为明显。本研究通过简单相关分析发现,代表酿酒葡萄与葡萄酒的各种糖酸含量、理化指标和酚类物质含量之间存在极显著或显著的相关关系。

酿酒葡萄生理指标和葡萄酒理化指标是品质的最直观体现,国内外已在葡萄与葡萄酒品质评价体系 and 评价方法方面展开了大量的研究工作,但尚未有统一的评价标准,也没有固定的方法。近年来,随着统计学在相关领域的应用,主成分分析和聚类分析法在酿酒葡萄与葡萄酒品质评价中得到大量的应用^[26-30],此方法能够减少计算量,降低主观随意性,增强品质评价的可靠性。本研究利用主成分分析方法,将原始表征酿酒葡萄与葡萄酒品质的 16 个指标降维,提取 3 个主成分,累积贡献率达 91.58%,还原糖、可滴定酸、糖酸比、单宁、花色苷、总酚、pH 值、干浸出物、总酸(酒)、花色苷(酒)、总酚(酒)、色度(酒)在第 1 主成分上有较高的载荷值,葡萄可溶性固形物与葡萄酒酒精度和残糖含量在第 2 主成分上有较高的载荷值,葡萄酒单宁含量在第 3 个主成分上有较高的载荷值,3 个主成分涵盖了 16 个品质指标,原变量信息无丢

失,说明利用主成分分析衡量不同施肥处理的葡萄与葡萄酒质量是可靠的。

4 结论

追施不同有机滴灌肥在等氮量条件下,通过对 16 个酿酒葡萄与葡萄酒品质指标进行主成分得分评价和聚类比较的方法,综合评价表明,在常规处理基础上追施海藻肥对提高葡萄与葡萄酒品质的效果最为显著;聚类分析结果表明,追施有机滴灌肥相对于不追施处理可明显提高葡萄与葡萄酒质量,追施不同种类有机滴灌肥处理的葡萄与葡萄酒质量要高于追施单一有机滴灌肥处理。

参考文献:

- [1] 王丽娜. 宁夏产区酿酒葡萄品质与葡萄酒质量的研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2011.
- [2] 李红光, 马冬梅, 靳慧君, 等. 保护地番茄滴灌施肥增产效果机理研究 [C] // 济南市科学技术协会学术年会, 2007.
- [3] 李伏生. 灌溉施肥的研究和应用 [J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6 (2): 233-240.
- [4] 汤小宁, 王德福, 张久慧, 等. 有机生态肥和钾肥对葡萄品质影响的研究 [J]. 山东农业大学学报 (自然科学版), 2008, 39 (4): 570-571.
- [5] 李运, 李记明, 姜忠军. 统计分析在葡萄酒质量评价中的应用 [J]. 酿酒科技, 2009, (4): 79-82.
- [6] 何少芳, 李梦祝. SPSS 软件在葡萄与葡萄酒理化指标的相关性分析中的应用 [J]. 长沙大学学报, 2012, 26 (5): 11-14.
- [7] Jayaprakasha G K, Singh R P, Sakariah K K. Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinifera*) extracts on peroxidation models in vitro [J]. Food Chemistry, 2001, 73 (3): 285-290.
- [8] Kunze G W, Dixon J B. Pretreatment for mineralogical analysis [M]. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, 1986.
- [9] 牛雪, 张军翔, 徐国前. 葡萄与葡萄酒中总酚测定方法的研究进展 [J]. 食品与机械, 2016, (3): 239-242.
- [10] 杨夫臣, 吴江, 程建徽, 等. 葡萄果皮花色素的提取及其理化性质 [J]. 果树学报, 2007, 24 (3): 287-292.
- [11] 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, 1999.180-181.
- [12] 孙权, 张学英, 王振平, 等. 宁夏贺兰山东麓葡萄基地土壤微量元素分布状况 [J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2008, (2): 4-8.
- [13] 郭彤, 周涛, 袁淑君. 数据统计分析—SPSS 原理及其应用: Windows 版. (第 2 版) [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2001.
- [14] 丁燕, 赵新节. 酚类物质的结构与性质及其与葡萄及葡萄酒的关系 [J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2003, (1): 13-17.
- [15] 梁学军, 诸葛宏庆. 葡萄质量是决定葡萄酒质量的关键因素 [J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2000, (1): 47-49.

- [16] 沈中泉, 郭云桃. 有机肥料对改善农产品品质的作用及机理 [J]. 植物营养与肥科学报, 1995, (2): 54-60.
- [17] 曾广骥, 金平. 有机肥提高作物产品品质作用初探 [J]. 黑龙江农业科学, 1990, (2): 10-15.
- [18] 郭洁, 孙权, 张晓娟, 等. 生物有机肥对酿酒葡萄生长、养分吸收及产量品质的影响 [J]. 河南农业科学, 2012, 41 (12): 76-80.
- [19] 于婷. 钙和镁对骏枣果实品质及中微量元素的影响 [D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2012.
- [20] 许晓瑞, 王锐, 纪立东, 等. 有机培肥对贺兰山东麓酿酒葡萄及土壤化学性质的影响 [J]. 北方园艺, 2016, (12): 183-187.
- [21] 王华, 赵现华, 刘晶, 等. 葡萄与葡萄酒生产可持续发展研究进展 [J]. 中国农业科学, 2010, 43 (15): 3204-3213.
- [22] 高俊峰. 如何解决葡萄酒国家标准 GB 15037—2006《葡萄酒》执行力不足的问题 [J]. 中外食品工业 (下), 2014, (10): 65-66.
- [23] 孟江飞, 杨学威, 房玉林, 等. 不同采收期对梅尔诺葡萄和葡萄酒酚类物质及抗氧化活性的影响 [J]. 中国食品学报, 2012, 12 (10): 155-162.
- [24] 李华. 现代葡萄酒工艺学 [M]. 西安: 陕西人民出版社, 2000.
- [25] 朱力, Ppinsaut P, Wolz S, 等. 结构丰满、口感柔顺、色泽稳定高档红酒的酿造—最新的果胶酶, 酿酒多糖和酿酒单宁的使用技术 [J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2004, (3): 48-53.
- [26] 王奇, 李晓培, 董新雁. 基于主成分分析的酿酒葡萄分级模型 [J]. 中国高新区, 2018, (5): 218.
- [27] 张兴, 何冰清, 李进, 等. 基于主成分分析法的葡萄酒质量评价 [J]. 皖西学院学报, 2013, 29 (2): 29-32.
- [28] 彭媛媛, 高展, 董凯向, 等. 不同采收期对新疆焉耆盆地酿酒葡萄及葡萄酒品质的影响 [J]. 新疆农业科学, 2018, 55 (7): 1252-1263.
- [29] 葛谦, 杨春霞, 牛艳, 等. 贺兰山东麓酿酒葡萄成熟过程中花色苷组分含量及其主成分分析 [J]. 北方园艺, 2017, (8): 14-19.
- [30] 张贝贝, 李珊珊, 杨珊. 基于多元统计的葡萄酒品质因素分析 [J]. 中央民族大学学报 (自然科学版), 2013, (S1): 133-139.

Evaluation of the effects of different organic fertilizer drip irrigation treatments on the quality of wine grapes and wines based on principal component and clustering analysis

WANG Zhen-long, ZHANG Jun-jun, SUN Quan, WANG Rui* (School of Agricultural, Ningxia University, Yinchuan Ningxia 750021)

Abstract: In order to study the effect of application of organic fertilizer drip irrigation on the quality of wine grapes and wine, field experiment was conducted using 5-year-old wine grape “Cabernet Sauvignon” as the material. Five treatments was set up, including the conventional fertilization (CK), conventional fertilization + bio-organic fertilizer extract (T1), conventional fertilization + amino acid fertilizer (T2), conventional fertilization + seaweed fertilizer (T3), conventional fertilization + biogas slurry fertilizer (T4), and the quality of wine grapes and wines under different organic drip irrigation treatments was analyzed. Through principal component and clustering analysis, the quality difference under different fertilization treatments was comprehensively evaluated, and the shortest distance method was used to systematically cluster each fertilization treatment. There was a significant or extremely significant positive correlation between the quality indexes of wine grapes and wines. The overall quality ranking was T3>T4>T2>T1>CK. The quality of grapes and wines under different fertilization treatments could be clustered into three categories. Conventional fertilization treatment was clustered into the first clustering, and the quality was third-class. The conventional fertilization + bio-organic fertilizer extract, and conventional treatment + amino acid were clustered into the second clustering, the quality was second-class. Conventional fertilization + seaweed fertilizer and conventional fertilization + biogas slurry fertilizer were clustered into the third clustering, and the quality was the best. By comprehensive evaluation, T3 was the most effective in improving the quality of grapes and wine.

Key words: quality; organic drip irrigation; component; clustering