

doi:10.11937/bfyy.20171966

# 应用层次-关联度和聚类分析法 评价十八个鲜食葡萄品质

沈 甜, 牛锐敏, 陈卫平, 许泽华, 黄小晶

(宁夏农林科学院 种质资源研究所, 宁夏 银川 750002)

**摘 要:**以引种至宁夏的 18 个鲜食葡萄为试材,对鲜食葡萄品种的 14 个果实经济学指标进行观察测定,并运用层次-关联度和系统聚类分析评价了宁夏银川地区引种的 18 个有核鲜食葡萄的综合品质,以期筛选出适应当地且品质优良的鲜食葡萄品种,为宁夏地区鲜食葡萄发展提供可开发资源的科学依据。结果表明:内在品质权重值高于外在品质,其中内在品质中的香味、风味权重赋值最高,其次是判别风味口感的主因子固酸比和糖酸比,而单果质量和单穗质量是影响外在品质的重要因素;根据供试品种与参考品种的加权关联度将 18 个有核鲜食葡萄品种综合品质排序,并利用系统聚类对其进行分类,‘早黑宝’综合品质最好,其次是‘金手指’,再次是‘阳光玫瑰’,18 个有核鲜食葡萄品种共聚为 6 类。‘早黑宝’和‘阳光玫瑰’的外观品质和内在品质均表现优良,且口感好、香味浓郁、风味佳,‘金手指’‘瑞都香玉’‘香妃’‘贵妃玫瑰’4 个品种内在品质表现优良,外在品质表现良好,且口感独特、特点突出、香味和风味俱佳。

**关键词:**层次关联度;聚类分析;鲜食葡萄;综合品质

**中图分类号:**S 663.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)23-0064-09

宁夏葡萄产业主要集中在贺兰山东麓地区,该地区地理条件独特,积温高,降水少,光照充足,是国内葡萄生长最佳生态区之一,且葡萄果实具有香气发育良好、含糖量高、含酸量适中、糖酸比适宜、污染少等自然优势,但该地区鲜食葡萄栽培品种单一,主栽品种“红地球”的栽培面积约占鲜食葡萄面积的 60%~70%,成熟期相对集中,上市时间短,严重影响了该地区葡萄在市场上的竞争力,而且容易受冻害危害,因此引种选育推广优良品种以调整鲜食葡萄品种结构势在必行。引种

葡萄在该地区的品质表现,是决定其商品价值的关键,也是其适应性评价及能否推广的重要指标,对引种葡萄品质表现进行科学、合理的评价,可为筛选适宜该地区栽培的优良品种和引种资源利用提供科学依据<sup>[1]</sup>。

传统的方差分析法对单一性状进行差异性分析,具有很大的局限性,目前对作物品种评价逐步由定性、单一指标向定量、多指标的综合评价过渡<sup>[1-2]</sup>,前人对果实品质的评价多采用主成分分析法<sup>[3-5]</sup>,其目的是从原始的多个变量中,通过线性组合,提炼出几个彼此独立的新变量,且原始变量的信息损失较少,主成分分析的前提需要保证变量降维后的信息量保持在一个较高的水平,且彼此不相关,因此在使用范围上并不是十分的广泛,且当主成分因子负荷的符号有正有负时,综合评价函数意义就不明确,但葡萄果实品质评价的性状因子相互关联<sup>[3,6-7]</sup>。因此,该试验引入层次-关

**第一作者简介:**沈甜(1990-),女,硕士,研究实习员,研究方向为葡萄栽培生理。E-mail:1097781520@qq.com.

**责任作者:**陈卫平(1970-),男,博士,研究员,研究方向为葡萄栽培与生理。E-mail:nature06chen@163.com.

**基金项目:**农业部国家葡萄产业体系贺兰山东麓试验站资助项目(CARS-30-22)。

**收稿日期:**2017-07-14

联度分析法,其能对葡萄品质作出综合评判,有利于对多目标系统的综合状况做出全面、客观、可靠的评价<sup>[8]</sup>。

灰色关联度分析法是引入一个“理想品种”作为标准尺度,将供试品种与参考品种比较并计算对应指标的关联系数,后依据性状指标的重要程度赋予相应的权重值来计算加权关联度对供试品种的优劣进行排序<sup>[1,9]</sup>,此方法存在一定的主观性。该试验在灰色关联度分析法的基础上,引入层次分析法赋予性状指标合理科学的权重值,二者相结合能对引种鲜食葡萄品种作出系统科学合理的综合评价<sup>[1]</sup>,该方法近年来被广泛应用于葡萄<sup>[1-2,10]</sup>、番茄<sup>[11]</sup>、辣椒<sup>[12]</sup>、盆栽多头小菊<sup>[13]</sup>等作物的品种评价上,而聚类分析在种质资源分类方面应用广泛,在不限定分类的数目和结构的情况下,可以将分类对象按照一定规则分为若干类群,划分在同一类群中的对象具有较高的相似性,可以真实反映品种的综合性状从而为育种取材提供客观依据<sup>[3,14-15]</sup>。通过建立量化的葡萄农艺性状评价指标并探讨行之有效的综合评价方法,来确保评判的结果全面客观和可靠合理,利用模糊数学与聚类、主成分等多元统计相结合的方法分析评价鲜食葡萄综合品质的方法已是趋势,其能对

多个鲜食葡萄品种作出全方面综合科学合理的评估,并且筛选出综合品质优良、品质特点突出、不同类别的品种,为地方鲜食葡萄发展提供理论依据,丰富品种资源和市场供应,提高产业收益,促进贺兰山东麓鲜食葡萄可持续发展。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于银川市西夏区贺兰山东麓芦花台葡萄资源圃。土壤类型为灌淤潮土,pH 8.1~8.3,全盐 0.7~1.6 g·kg<sup>-1</sup>,有机质 4.92~8.26 g·kg<sup>-1</sup>,全氮 0.32~0.58 g·kg<sup>-1</sup>,全磷 0.48~0.51 g·kg<sup>-1</sup>,全钾 18.6~19.5 g·kg<sup>-1</sup>,速效氮 85~175 mg·kg<sup>-1</sup>,速效磷 45~58 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾 145~240 mg·kg<sup>-1</sup>。灌溉采用滴灌方式,每 667 m<sup>2</sup> 灌水量约 400 m<sup>3</sup>。

1.2 试验材料

供试的 18 个有核鲜食葡萄品种由宁夏农林科学院(芦花台)葡萄资源圃提供(表 1)。南北行向,株行距 1 m×3 m,按单干双臂,中长梢修剪等常规方法管理。

表 1 供试品种情况  
Table 1 Information about the tested varieties

编号 No.	品种 Variety	种类 Species	果实成熟期 Fructescence /(月-日)	编号 No.	品种 Variety	种类 Species	果实成熟期 Fructescence /(月-日)
X1	‘新郁’ ‘Xinyu’	欧亚种 <i>V. vinifera</i>	09-12	X10	‘贵妃玫瑰’ ‘Guifei Rose’	欧亚种 <i>V. vinifera</i>	08-19
X2	‘香妃’ ‘Xiangfei’	欧亚种 <i>V. vinifera</i>	08-19	X11	‘金手指’ ‘Gold Finger’	欧美杂交种 <i>V. vinifera</i> × <i>V. labrusca</i>	08-25
X3	‘瑞都脆霞’ ‘Ruidu Cuixia’	欧亚种 <i>V. vinifera</i>	08-24	X12	‘摩尔多瓦’ ‘Moldova’	欧美杂交种 <i>V. vinifera</i> × <i>V. labrusca</i>	09-15
X4	‘瑞都香玉’ ‘Ruidu Xiangyu’	欧亚种 <i>V. vinifera</i>	08-25	X13	‘泽香’ ‘Zexiang’	欧亚种 <i>V. vinifera</i>	09-12
X5	‘早黑宝’ ‘Zaoheibao’	欧亚种 <i>V. vinifera</i>	08-20	X14	‘沈农金皇后’ ‘Shennong Jinhuanghou’	欧亚种 <i>V. vinifera</i>	08-19
X6	‘秋红宝’ ‘Qiu hongbao’	欧亚种 <i>V. vinifera</i>	09-01	X15	‘阳光玫瑰’ ‘Shine Muscat’	欧美杂交种 <i>V. vinifera</i> × <i>V. labrusca</i>	09-01
X7	‘牛奶’ ‘Milk’	欧亚种 <i>V. vinifera</i>	09-15	X16	‘奥古斯特’ ‘Augustus’	欧亚种 <i>V. vinifera</i>	08-19
X8	‘夏至红’ ‘Xia zhi hong’	欧亚种 <i>V. vinifera</i>	09-01	X17	‘红乳’ ‘Hongru’	欧亚种 <i>V. vinifera</i>	09-15
X9	‘醉人香’ ‘Zui ren xiang’	欧美杂交种 <i>V. vinifera</i> × <i>V. labrusca</i>	08-24	X18	‘里扎马特’ ‘Rizamat’	欧亚种 <i>V. vinifera</i>	08-25

### 1.3 项目测定

#### 1.3.1 果形指标的测定

葡萄成熟时,在每个品种植株上随机取 10 穗果,电子天平称取果穗质量,分别从 10 穗葡萄中随机选 100 粒,测定平均粒质量。

#### 1.3.2 果实理化指标的测定

随机选取果粒取汁测定可溶性固形物、可溶性总糖、滴定酸和维生素 C 含量<sup>[16]</sup>,并计算固酸比和糖酸比。

#### 1.3.3 感官品质的评定

通过视觉、嗅觉和味觉器官来评定葡萄的感官品质,组织品评小组,对葡萄果皮厚度、果粒整齐度、果穗紧密度、着色一致性和果实的香味以及浆果风味 6 个指标进行打分,采用等级制<sup>[17]</sup>。

### 1.4 数据分析

#### 1.4.1 构造层次结构模型

1)采用九标度法建立两两比较矩阵;2)层次分析法确定指标权重值;3)判断矩阵的一致性检验。根据 AHP 层次分析法,计算两两比较矩阵的最大特征值  $\lambda_{\max}$  和特征向量,根据规范列平均法求得下层第  $n$  个因素对上层因素影响程度值权重  $W_j$ 。

引入一致性指标(consistency index, CI),计算公式如下。 $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ ,式中: $n$  为矩阵的对角线元素之和即矩阵阶数。查找相应的平均随机一致性指标(random index, RI),按下式计算一致性比例(consistency ratio, CR)。 $CR = CI / RI$ 。当  $CR \leq 0.1$  时,比较矩阵的一致性是可以接受的,当  $CR > 0.1$  时,比较矩阵应做适当修正。

#### 1.4.2 品质综合评价

葡萄品质综合评价参考刘录祥等<sup>[9]</sup>灰色关联分析法,根据各品种的性状值设定一个理想类型作为参考类型即  $X_0$ ,将原始数据进行无量纲化处理,将其化为 0~1 标准化数据,根据公式(1)求出关联系数,根据公式(2)求出加权关联度,关联度越高则说明综合品质越优。

$$\xi_j(j) = \frac{\min_{i,j} |X_0(j) - X_i(j)| + \rho \max_{i,j} |X_0(j) - X_i(j)|}{\max_{i,j} |X_0(j) - X_i(j)| + \rho \min_{i,j} |X_0(j) - X_i(j)|} \quad (1),$$

$$r_j = \sum_{j=1}^n W_j \cdot \xi_j(j) \quad (2).$$

式中: $|X_0(j) - X_i(j)|$  为第  $i$  个供试葡萄品种第  $j$  个性状的无量纲化处理的测量值与参考性状值的绝对差值, $\rho$  为分辨系数,取值范围在 0~1,一般取  $\rho = 0.5$ 。 $r_j$  为第  $i$  个葡萄品种(系)的加权关联度, $W_j$  为第  $j$  个性状的权重值, $n$ (性状数)。

### 1.5 数据分析

采用 Excel 2010 软件进行数据处理,SPSS 20.0 软件进行聚类分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同品种果实生物性状和品质指标比较分析

#### 2.1.1 果实外观品质

由表 2 可以看出,‘香妃’‘瑞都脆霞’‘秋红宝’‘牛奶’‘沈农金皇后’‘红乳’‘里扎马特’7 个品种果皮略厚,剩余品种果皮厚度适中。着色均匀的有‘瑞都香玉’‘秋红宝’‘牛奶’‘贵妃玫瑰’‘金手指’‘摩尔多瓦’‘泽香’‘沈农金皇后’‘奥古斯特’;着色较均匀的是‘新郁’‘香妃’‘阳光玫瑰’‘红乳’;着色表现差的有‘瑞都脆霞’‘早黑宝’‘醉人香’‘里扎马特’,果皮厚度和着色一致性表现出明显的品种差异。

果粒整齐度变异系数越大表明果粒整齐度越差,18 个品种的果粒整齐度变异系数分布在 6.90%~20.72%,变异系数  $\geq 16\%$  的有 7 个品种,由大到小依次为‘瑞都脆霞’‘里扎马特’‘早黑宝’‘金手指’‘秋红宝’‘摩尔多瓦’‘夏至红’,变异系数  $\leq 10\%$  的有 3 个品种,‘沈农金皇后’‘红乳’‘泽香’果粒整齐度表现最好。果穗紧密度分为 3 个等级,果穗紧密的有‘秋红宝’‘贵妃玫瑰’‘红乳’,果穗紧密度适中的有 13 个品种,表现疏松的有 2 个品种,是‘牛奶’‘醉人香’。

单穗质量最高的是‘新郁’996.03 g,其次是‘秋红宝’751.43 g,最低的是‘金手指’305.51 g,然后是‘泽香’329.14 g。单果质量最大的是‘新郁’11.70 g,其次是‘醉人香’8.26 g,最低的是‘红乳’3.90 g,然后是‘金手指’4.05 g。单穗质量数据跨度大于单果质量,表明品种单穗质量的差异高于单果质量。

#### 2.1.2 果实内在品质

维生素 C 含量‘瑞都脆霞’‘早黑宝’最高,

6.28 mg · (100g)<sup>-1</sup>, 其次是‘金手指’, ‘摩尔多瓦’最低, 2.56 mg · (100g)<sup>-1</sup>; 可溶性固形物含量以‘金手指’最高, 其次是‘阳光玫瑰’, 达到 21% 以上, ‘新郁’果实可溶性固形物最低, 只有 12%; 果实中可溶性总糖含量‘金手指’最高, 其次是‘阳光玫瑰’, 其值分别是 19.8% 和 18.4%, ‘新郁’可溶性总糖含量最低; 将测定性状值与参考品种做差, 所得数值正数为正偏离, 负数为负偏离, 可滴定酸含量正偏离参考品种最远的是‘摩尔多

瓦’‘泽香’, 负偏离最远的是‘沈农金皇后’, 可滴定酸含量最低, 只有 0.180%, 然后是‘贵妃玫瑰’; 固酸比和糖酸比与参考品种正偏离最远的是‘沈农金皇后’, 其次是‘贵妃玫瑰’‘阳光玫瑰’, ‘阳光玫瑰’固酸比高于‘贵妃玫瑰’, 糖酸比低于‘贵妃玫瑰’, 负偏离最远的是‘摩尔多瓦’‘泽香’。  
香味和风味均表现最佳的是‘香妃’‘瑞都香玉’‘早黑宝’‘醉人香’‘金手指’‘阳光玫瑰’, 均表现最差的是‘新郁’。

表 2 供试品种与参考品种果实主要经济学性状值

Table 2 Values of major economic traits in ideal variety and tested varieties

品种编号 Variety No.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
X <sub>0</sub>	2	0.00	550.00	2	12.00	3	6.30	22.0	20.0	0.500	45.00	40.00	4	4
X <sub>1</sub>	2	11.76	996.03	2	11.70	2	5.96	12.0	10.9	0.458	26.20	23.80	1	1
X <sub>2</sub>	3	14.71	397.09	2	6.16	2	4.94	17.8	16.7	0.615	28.94	27.15	4	4
X <sub>3</sub>	3	20.72	394.66	2	5.60	1	6.28	17.3	15.6	0.465	37.20	33.55	3	1
X <sub>4</sub>	2	13.75	366.93	2	4.87	3	4.30	18.8	16.2	0.720	26.11	22.50	4	4
X <sub>5</sub>	2	18.34	559.25	2	5.86	1	6.28	17.3	15.4	0.390	44.36	39.49	4	4
X <sub>6</sub>	3	16.73	751.43	3	5.70	3	5.99	17.0	15.8	0.353	48.16	44.76	3	2
X <sub>7</sub>	3	12.49	570.39	1	5.26	3	5.11	15.1	14.0	0.335	45.07	41.79	1	2
X <sub>8</sub>	2	16.25	669.62	2	6.03	1	5.13	17.6	15.0	0.533	33.02	28.14	3	2
X <sub>9</sub>	2	12.42	397.39	1	8.26	1	5.87	17.9	16.0	0.507	35.31	31.56	4	4
X <sub>10</sub>	2	11.41	513.21	3	7.66	3	4.94	15.1	14.5	0.260	58.08	55.77	1	4
X <sub>11</sub>	2	18.11	305.51	2	4.05	3	6.08	21.3	19.8	0.435	48.97	45.52	4	4
X <sub>12</sub>	2	16.38	462.88	2	5.40	3	2.56	17.8	15.6	0.780	22.82	20.00	2	1
X <sub>13</sub>	2	9.06	329.14	2	4.60	3	5.11	18.6	16.2	0.745	24.97	21.74	3	3
X <sub>14</sub>	3	6.90	402.00	2	5.80	3	5.18	14.6	12.8	0.180	81.11	71.11	1	2
X <sub>15</sub>	2	13.62	540.57	2	6.00	2	4.70	21.2	18.4	0.350	60.57	52.57	4	4
X <sub>16</sub>	2	10.39	410.39	2	5.68	3	5.39	15.6	13.2	0.510	30.59	25.88	3	2
X <sub>17</sub>	3	8.97	464.73	3	3.90	2	5.11	18.6	16.8	0.485	38.35	34.64	3	1
X <sub>18</sub>	3	19.63	676.57	2	7.74	1	4.49	14.3	13.2	0.462	30.95	28.57	3	1

注: C1. 果皮厚度; C2. 果粒整齐度; C3. 单穗质量(g); C4. 果穗紧密度; C5. 单果质量(g); C6. 着色一致性; C7. 维生素 C 含量(mg · (100g)<sup>-1</sup>); C8. 可溶性固形物(%); C9. 可溶性总糖(%); C10. 总酸(%); C11. 固酸比; C12. 糖酸比; C13. 风味; C14. 香味。下同。

Note: C1. Thickness of berry skin; C2. Berry uniformity; C3. Cluster mass; C4. Cluster density; C5. Berry mass; C6. Coloring uniformity; C7. Vitamin C content; C8. Total soluble solid; C9. Total sSoluble sugar; C10. Total acidity; C11. TSS/TA; C12. SSC/TA; C13. Local flavor; C14. Aroma. The same as below.

2.2 果实经济性状值变异系数

变异系数表示不同个体间的各性状受不同条件影响发生的变异程度, 它能反映作物性状变化的基本动态<sup>[10]</sup>, 由表 3 可以看出, 不同品种间香味变异系数最大, 为 49%, 说明不同品种间香味存在明显的差异性; 其次是风味、着色一致性、固酸比、糖酸比和单穗质量, 变异系数在 33%~40%, 表明其在不同品种间的表现存在一定的变化; 然后不同品种间单果质量、果穗整齐度、果穗紧密度和果皮厚度变异系数在 20%~29%, 可以得出不同品种间果穗和果粒的形态指标有差异;

最后是维生素 C 含量、可溶性固形物和可溶性总糖, 其变异系数在 20% 以下, 说明不同品种间这 3 项指标变化比较稳定。

2.3 层次分析法确定各指标权重

应用层次分析法分析决策问题时, 首先要构造层析结构模型<sup>[3]</sup>。该试验根据划分评价因子的层次类别关系, 将所有评判树分为 3 层(表 4): 第 1 层为目标层(A), 为品质综合评价; 第 2 层为准则层(B), 记为  $B = \{B1, B2\}$ , B1 为果实外观品质, B2 为果实内在品质; 第 3 层为指标层(C), 为影响葡萄果实品质经济性状值, 记为  $C = \{C1,$

C2,C3,C4,...,C13}。

2.3.1 构造层次结构模型

根据统计数据和专家意见及鲜食葡萄各品质性状指标间的相互关系和隶属关系,建立3个层

次的综合评价模型,第一层是目标层(A),为综合品质优良的鲜食葡萄品种;第二层是准则层(B),分为外观品质和内在品质;第三层是指标层(C),包含选取的13个性状指标(表4)。

表3 供试品种果实经济性状值变异系数  
Table 3 Coefficient variation of the tested indicators

指标 Indicators	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
标准差 Standard deviation	0.49	3.81	169	0.52	1.76	0.85	0.87	2.28	2.02	0.16	14.70	13.40	1.12	1.26
平均数 Mean	2.39	14.00	511	2.06	6.13	2.22	5.19	17.10	15.30	0.48	40.00	36.00	2.83	2.56
变异系数 Coefficient variation/%	20	27	33	26	29	38	17	13	13	33	37	37	40	49

表4 鲜食葡萄综合品质评价因子的分层模型  
Table 4 Layed structure model of introduced table grape evaluation factors

目标层 A Target layer A	准则层 B Criterion layer B	指标层 C Indicators layer C
葡萄果实综合品质 Comprehensive quality of grape	B1 外在品质 Appearance quality B2 内在品质 Inner quality	C1、C2、C3、C4、C5、C6 C7、C8、C9、C10、C11、C12、C13、C14

2.3.2 建立两两比较矩阵及矩阵的一致性检验

根据各评价因子对葡萄品质的重要程度,构建低层指标相对于上一级指标的判断矩阵。通过引入判断矩阵的平均随机一致性指标 RI,计算得

到每个判断矩阵的随机一致性比率 CR。计算结果表明(表5),所有比较矩阵的  $CR < 0.1$ ,满足一致性要求,其相应求得的权重有效。

表5 比较矩阵及一致性检验结果  
Table 5 Judgment matrix and its consistency check

A-B	B1	B2	Wj	$\lambda_{max}$	CI	RI	CR
B1	1	2/3	0.4	2.00	0.00	0.00	0.00
B2	3/2	1	0.6				

B1-C	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Wj	$\lambda_{max}$	CI	RI	CR
C1	1	1/5	1/6	1/3	1/7	1/5	0.036 5	6.007 2	0.001 4	1.240 0	0.001 1
C2	5	1	1/2	2	1/2	1	0.163 0				
C3	6	2	1	2	1	2	0.265 6				
C4	3	1/2	1/3	1	1/2	1/2	0.100 0				
C5	7	2	1	2	1	2	0.271 8				
C6	5	1	1/2	2	1/2	1	0.163 0				

B2-C	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	Wj	$\lambda_{max}$	CI	RI	CR
C7	1	1/3	1/3	1/3	1/5	1/5	1/7	1/6	0.027 0	8.004 0	0.005 6	1.410 0	0.004 0
C8	3	1	1	1	1/2	1/2	1/4	1/3	0.068 6				
C9	3	1	1	1	1/2	1/2	1/4	1/3	0.068 6				
C10	3	1	1	1	1/2	1/2	1/4	1/3	0.068 6				
C11	5	2	2	2	1	1	1/3	1/2	0.124 2				
C12	5	2	2	2	1	1	1/3	1/2	0.124 2				
C13	7	4	4	4	3	3	1	1/2	0.255 8				
C14	6	3	3	3	2	2	2	1	0.235 5				

由表 5 可以看出,葡萄果实内在品质比外在品质重要,内在品质权重值 0.6,外在品质权重值 0.4<sup>[1]</sup>。外在品质各因素中,单果质量的权重值最高,其次是单穗质量,果皮厚度最低,权重值依次为 0.271 8、0.265 6 和 0.036 5。内在品质各因子中,风味和香味是影响内在品质的主要因素,权重值分别是 0.255 8 和 0.235 5,其次是固酸比和糖酸比,权重值均为 0.124 2,维生素 C 含量的权重值最低,为 0.0270。计算指标层(C)各个因素对目标层(A)葡萄果实综合品质的权重值,排序见表 6,综合品质中,风味为主要影响因子,其次是香味,然后是单果质量和单穗质量,再是固酸比和糖酸比,权重值分别是 0.153 5、0.141 3、0.108 7、0.106 2、0.074 5 和 0.074 5。

2.4 灰色关联系数

对表 3 数据进行无量纲化处理,得到一个数

值在(0,1)内的新数列(表略),根据计算公式(4)计算各项指标关联系数(表 7)。

表 6 指标层 C 对目标层 A 的权重值

Table 6 The weight value of the evaluation factors

指标层 C Indicators layer C	指标层 C 对目标层 A 的权重 Weighted correlative degree of C to A	排序 Rank
C1	0.014 6	10
C2	0.065 2	6
C3	0.106 2	4
C4	0.040 0	8
C5	0.108 7	3
C6	0.065 2	6
C7	0.016 2	9
C8	0.041 2	7
C9	0.041 2	7
C10	0.041 2	7
C11	0.074 5	5
C12	0.074 5	5
C13	0.153 5	1
C14	0.141 3	2

表 7

供试品种与参考品种的关联系数

Table 7

Correlative coefficient of tested variety and ideal variety

品种编号 Variety No.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
X1	1.00	0.78	0.34	1.00	0.94	0.56	0.89	0.48	0.48	0.83	0.50	0.51	0.36	0.36
X2	0.46	0.74	0.60	1.00	0.47	0.56	0.66	0.69	0.72	0.65	0.54	0.57	1.00	1.00
X3	0.46	0.67	0.60	1.00	0.44	0.39	0.99	0.66	0.66	0.86	0.71	0.72	0.63	0.36
X4	1.00	0.76	0.56	1.00	0.42	1.00	0.57	0.74	0.69	0.49	0.50	0.49	1.00	1.00
X5	1.00	0.70	0.96	1.00	0.45	0.39	0.99	0.66	0.65	0.66	0.97	0.97	1.00	1.00
X6	0.46	0.72	0.54	0.46	0.45	1.00	0.90	0.65	0.67	0.71	0.86	0.78	0.63	0.46
X7	0.46	0.77	0.92	0.46	0.43	1.00	0.69	0.57	0.59	0.56	1.00	0.90	0.36	0.46
X8	1.00	0.72	0.66	1.00	0.46	0.39	0.70	0.68	0.63	0.87	0.61	0.59	0.63	0.46
X9	1.00	0.77	0.60	0.46	0.58	0.39	0.86	0.69	0.68	0.97	0.66	0.67	1.00	1.00
X10	1.00	0.79	0.86	0.46	0.54	1.00	0.66	0.57	0.61	0.47	0.59	0.52	0.36	1.00
X11	1.00	0.70	0.49	1.00	0.39	1.00	0.92	0.93	0.98	0.77	0.83	0.75	1.00	1.00
X12	1.00	0.72	0.73	1.00	0.44	1.00	0.42	0.69	0.66	0.43	0.46	0.46	0.46	0.36
X13	1.00	0.82	0.51	1.00	0.41	1.00	0.69	0.73	0.69	0.46	0.49	0.48	0.63	0.63
X14	0.46	0.86	0.61	1.00	0.45	1.00	0.70	0.56	0.40	0.40	0.35	0.35	0.36	0.46
X15	1.00	0.76	0.96	1.00	0.46	0.56	0.63	0.92	0.32	0.59	0.55	0.57	1.00	1.00
X16	1.00	0.80	0.63	1.00	0.45	1.00	0.75	0.59	0.55	0.95	0.57	0.55	0.63	0.46
X17	0.46	0.83	0.73	0.46	0.39	0.56	0.69	0.73	0.73	0.93	0.74	0.76	0.63	0.36
X18	0.46	0.68	0.65	1.00	0.54	0.39	0.60	0.55	0.55	0.85	0.58	0.60	0.63	0.36

2.5 加权关联度和葡萄综合品质评价

根据公式(5)求得供试葡萄品种的加权关联度,并将其依据高低进行葡萄综合品质优劣排序。由表 8 可以看出,‘早黑宝’表现最好,综合品质加权关联度达到 0.813,其次分别是‘金手指’‘阳光玫瑰’和‘醉人香’‘瑞都香玉’和‘香妃’,其综合品质加权关联度都在 0.710 以上,‘沈农金皇后’的最低,综合品质加权关联度只有 0.522;外在品质

表现最好的是‘贵妃玫瑰’,其次是‘阳光玫瑰’‘摩尔多瓦’‘奥古斯特’和‘牛奶’,其外观品质加权关联度在 0.710 以上,‘瑞都脆霞’的表现最差;对于内在品质的表现,‘金手指’最好,其次是‘早黑宝’和‘醉人香’,其内在品质加权关联度达到 0.8 以上,排名最后的是‘沈农金皇后’。‘早黑宝’和‘金手指’的外观品质加权关联度分别是 0.692 和 0.650,排名分别是 8 和 11,而其内在品质加权关

表 8

供试品种与参考品种的加权关联度及优良排序

Table 8

Weighted correlative degree of tested varieties and ideal variety and fine rank

品种 Variety	外观品质 Appearance quality	优良排序 Fme rank	内在品质 Inner quality	优良排序 Fme rank	综合品质 Comprehensive quality	优良排序 Fme rank	聚类类别 Clustering category
‘早黑宝’ ‘Zaoheibao’	0.692	8	0.894	2	0.813	1	IV
‘金手指’ ‘Gold Finger’	0.650	11	0.896	1	0.798	2	III
‘阳光玫瑰’ ‘Yangguangeigui’	0.731	2	0.773	5	0.756	3	IV
‘醉人香’ ‘Zuirenxiang’	0.589	16	0.841	3	0.740	4	I
‘瑞都香玉’ ‘Ruiduxiangyu’	0.685	9	0.762	6	0.731	5	III
‘香妃’ ‘Xiangfei’	0.616	13	0.789	4	0.720	6	I
‘贵妃玫瑰’ ‘Guifeimeigui’	0.750	1	0.597	10	0.658	7	IV
‘奥古斯特’ ‘Augusta’	0.718	4	0.572	14	0.630	8	I
‘牛奶’ ‘Milk’	0.713	5	0.573	13	0.629	9	IV
‘秋红宝’ ‘Qiuhongbao’	0.608	15	0.636	7	0.624	10	V
‘泽香’ ‘Zexiang’	0.681	10	0.578	12	0.619	11	III
‘红乳’ ‘Hongru’	0.588	17	0.615	8	0.604	12	II
‘夏至红’ ‘Xiazhihong’	0.618	12	0.586	11	0.599	13	V
‘瑞都脆霞’ ‘Ruiducuxia’	0.569	18	0.601	9	0.588	14	I
‘里扎马特’ ‘Rizamat’	0.612	14	0.542	15	0.570	15	V
‘摩尔多瓦’ ‘Moldova’	0.729	3	0.450	17	0.562	16	II
‘新郁’ ‘Xinyu’	0.703	7	0.451	16	0.552	17	VI
‘沈农金皇后’ ‘Shennongjinhuanhou’	0.705	6	0.399	18	0.522	18	I

联度分别是 0.894 和 0.896, 排名是 2 和 1, ‘阳光玫瑰’ 的外观品质加权关联度为 0.731, 排名是 2, 内在品质加权关联度是 0.773, 排名是 5。

## 2.6 聚类分析

采用系统聚类 Ward 法, 根据 14 个生物学性状对 18 个有核鲜食葡萄进行聚类, 由图 1 可知,

在欧氏距离为 2.5 时, 18 个鲜食葡萄品种分为 6 类, 第 I 类有 ‘香妃’ ‘醉人香’ ‘瑞都脆霞’ ‘奥古斯特’ 和 ‘沈农金皇后’, 5 个品种在单穗质量、固酸比、糖酸比和维生素 C 含量相近, 其中 ‘沈农金皇后’ 与比其它 4 个品种距离稍远, 其在滴定酸、可溶性固形物、固酸比和糖酸比与其它品种相差稍

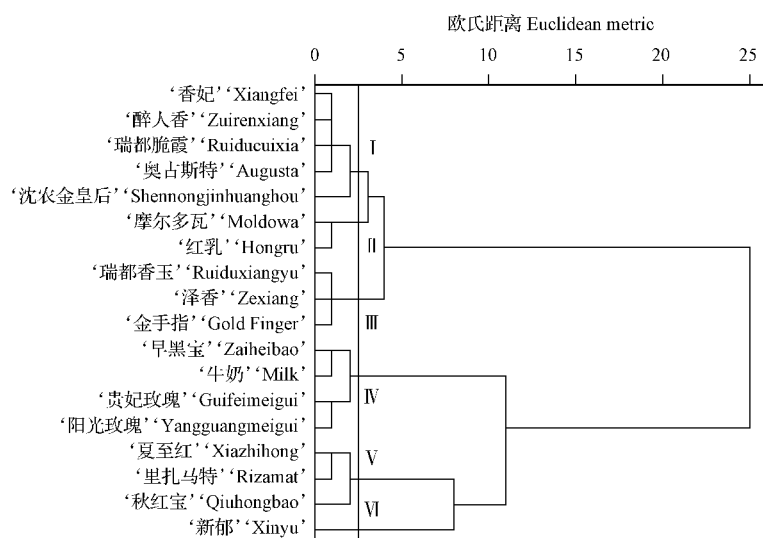


图 1 18 个鲜食葡萄品种的 Q 型聚类

Fig. 1 Q-type clustering tree of 18 table grape varieties

大;第Ⅱ类包含‘摩尔多瓦’和‘红乳’,二者在单穗质量、可溶性固形物、总糖和香味方面接近;第Ⅲ类分别是‘瑞都香玉’‘泽香’‘金手指’,它们果穗紧密度适中、着色较好、果皮厚度适中,香味和风味较好;第Ⅳ类是‘早黑宝’‘牛奶’‘阳光玫瑰’‘贵妃玫瑰’,其在单穗质量和可滴定酸表现接近,‘早黑宝’‘牛奶’与‘阳光玫瑰’和‘贵妃玫瑰’距离较远,‘早黑宝’和‘牛奶’的单穗质量、单果质量、固酸比和糖酸比与参考品种近似,但‘牛奶’香味和风味不及‘早黑宝’,而‘阳光玫瑰’和‘贵妃玫瑰’的单穗质量、单果质量和果皮厚度适中,固酸比、糖酸比和维生素 C 含量值接近,香味浓郁;第Ⅴ类有‘夏至红’‘里扎马特’和‘秋红宝’,这 3 个品种在单穗质量、单果质量、可溶性总糖和风味等指标表现出相似,故聚为一类,其中‘秋红宝’较其它 2 个品种较远;第Ⅵ类仅有‘新郁’,它的单穗质量和单果质量最大,香味和风味表现寡淡。

### 3 讨论

优质鲜食葡萄品种的品质要求主要包括外观品质(果穗、果粒、着色程度、果粒着生松紧度等),内在品质(风味、含糖量、含水量、酸度、蛋白质等成分),贮运性(硬度、贮藏性)等方面<sup>[3,18]</sup>。鲜食葡萄综合品质评价在葡萄果实的品质评价中,果粒大小是市场消费的第一判断标准<sup>[3,19]</sup>,是葡萄商品货架的主要外部指标,在一定程度上,果粒大小的权重值要超过果穗大小的权重值<sup>[20]</sup>,这与该试验权重赋值一致,而果实内在品质如可溶性固形物、酸含量及糖酸比是影响感官品尝和消费者选购的重要指标<sup>[21]</sup>,也是反映鲜食葡萄品质绝大部分信息的指标<sup>[22]</sup>,该试验中,风味和香味赋值高于其它内在品质,风味品质因子包含固酸比和糖酸比<sup>[23-24]</sup>,其表现了葡萄酸甜平衡性,决定着葡萄口感的好坏。该试验对宁夏银川地区引种的 18 个鲜食葡萄品种的 14 个果实经济性状进行分析发现,不同品种间香味和风味差异性较大,总酸、固酸比和糖酸比跨度较大。该试验层次-关联度分析中,引入一个参考品种,其各项生物学性状指标赋值根据试验材料和选择目标,依据有关标准<sup>[25-28]</sup>和前人研究经验<sup>[1,29-30]</sup>赋值,再将参试品种与其进行逐项比较,筛选出综合品质优良,特征突出的鲜食葡萄品种。

该试验聚类树形图和层次关联度综合品质排序中,结果表明第Ⅲ类和第Ⅳ类综合品质均表现

优良,其与参考品种品质最为接近,且品质特征突出,聚类分析在一定程度上反映出了品种间的亲缘关系<sup>[3]</sup>,以此筛选出不同类别的品种。推广鲜食葡萄品种应考虑品种特性,品种立地生长状况、在该地区的抗性表现,因不同品种间生态适应性差异较大,且不同生态环境下其生长性状及品质表现不同<sup>[31]</sup>,因此在今后的鲜食葡萄推广工作中,品种筛选应加入立地表现和对逆境以及病害的抗性评价,以提高生产效益和认可性。

### 4 结论

应用层次-关联度和聚类分析法评价比较引种的 18 个鲜食葡萄品种的结果表明,品种间差异性较大,‘早黑宝’和‘阳光玫瑰’的外观品质和内在品质均表现优良,且口感好、香味浓郁、风味佳,‘金手指’‘瑞都香玉’‘香妃’和‘贵妃玫瑰’4 个品种内在品质表现优良,外在品质表现良好,且口感独特、特点突出、香味和风味俱佳。

### 参考文献

- [1] 白世践,李超,户金鸽,等.层次-关联分析法在引种鲜食葡萄品质综合评价中的应用[J].北方园艺,2016(16):1-8.
- [2] 刘龙昌,尚富德,向其柏.植物品种综合评价方法:以桂花为例[J].河南大学学报(自然科学版),2003(1):14-17.
- [3] 刘美迎,李小龙,梁苗,等.基于模糊数学和聚类分析的鲜食葡萄品种综合品质评价[J].食品科学,2015(13):57-64.
- [4] 张玉革,胡绪彬.基于主成分和聚类分析的大豆品种生物学性状的比较研究[J].大豆科学,2004(3):178-183.
- [5] 张敏,刘辉.基于主成分分析法的小米食用品质评价模型的建立[J].东北农业大学学报,2011(8):7-12.
- [6] 李新蕊.主成分分析、因子分析、聚类分析的比较与应用[J].山东教育学院学报,2007(6):23-26.
- [7] 韩泽群,姜波.加工番茄品种多性状综合评价方法研究[J].中国农业科学,2014(2):357-365.
- [8] 陈永义,刘云丰,汪培庄.综合评判的数学模型[J].模糊数学,1983(1):61-69.
- [9] 刘录祥,孙其信,王士芸.灰色系统理论应用于作物新品种综合评估初探[J].中国农业科学,1989(3):22-27.
- [10] 弓成林,郭爱民,汪小伟,等.灰色关联度和层次分析法在葡萄品质评价上的应用[J].西南农业学报,2002,15(1):79-82.
- [11] 陈贤,杨荣萍,杨德,等.AHP法和灰色关联法在小果型番茄果实商品性状评价上的应用[J].河南农业科学,2008(11):107-110.
- [12] 罗英,乔锋,吴立东,等.基于 AHP 法和灰色关联法的辣椒果实外观品质评价[J].中国农学通报,2010,26(2):157-161.
- [13] 王青,戴思兰,何晶,等.灰色关联法和层次分析法在盆栽多头小菊株系选择中的应用[J].中国农业科学,2012,45(17):3653-3660.



- [14] CHENG Y Q, SONG Q W, MA H M. Research on optimization of water quality monitoring sites using principal component analysis and cluster analysis[C]//Computer distributed control and intelligent environmental monitoring(CDCIEM), Changsha: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2011:570-573.
- [15] NIU C C, WANG Q, CHEN H E, et al. Application of principal component analysis and cluster analysis to evaluation of black soil degradation in Jilin[C]//Multimedia technology(IC-MT), Changsha: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2011:1467-1470.
- [16] 高俊风. 植物生理学实验技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2000:145-163.
- [17] 刘崇怀, 沈育杰, 陈俊, 等. 葡萄种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社, 2006:97-102.
- [18] 王文森. 变异系数:一个衡量离散程度简单而有用的统计指标[J]. 中国统计, 2007(6):41-42.
- [19] RANKINE B C, FOMACHON J C M, BOEHM E W. Influence of grape variety, climate and soil on grape composition and on the composition and quality of table wines[J]. Vitis, 1971(10):33-50.
- [20] KADER A A. Postharvest quality maintenance of fruits and vegetables in developing countries[M]//Post-harvest physiology and crop preservation. US:Springer, 1983:455-470.
- [21] 于泽源. 果实品质的综合评定[J]. 中国果品研究, 1994(3):17-19, 26.
- [22] 张强, 陈秋生, 李波, 等. 基于主成分分析的茶淀玫瑰香葡萄品质评价[J]. 贵州农业科学, 2014(7):139-141.
- [23] 张磊, 张晓煜, 亢艳莉, 等. 土壤肥力对酿酒葡萄品质的影响[J]. 江西农业大学学报, 2008(2):226-229, 234.
- [24] 白世践, 李超, 蔡军社, 等. 吐鲁番地区新征集葡萄资源果实主要品质性状的因子分析和聚类分析[J]. 西北农业学报, 2016(7):1006-1016.
- [25] 刘崇怀, 樊秀彩, 孙海生, 等. 农作物优异种质资源评价规范:葡萄:NY/T 2023-2011[S]. 北京:中华人民共和国农业部, 2011.
- [26] 周向阳, 刘晓颖, 金肇熙, 等. 预包装鲜食葡萄流通规范:SB/T 10894-2012[S]. 北京:中华人民共和国商务部, 2012.
- [27] 周向阳, 刘晓颖, 金肇熙, 等. 预包装鲜食葡萄购销要求:DB440300/T25. 4-2004[S]. 北京:深圳市质量技术监督局, 2004.
- [28] 吴茂玉, 刘同鲁, 赵静芳. 鲜葡萄:GH/T 1022-2000[S]. 北京:中华全国供销合作总社, 2000.
- [29] 罗国光. 鲜食葡萄的品质要求和品味评分标准[J]. 葡萄栽培与酿酒, 1986(3):4-7.
- [30] 李橙, 杨志新, 刘树庆, 等. 河北省主产区葡萄品质综合评价方法的比较分析[J]. 安徽农业科学, 2011(17):10229-10234.
- [31] 孔繁超, 梁银丽, 高德凯, 等. 不同鲜食葡萄品种品质差异性分析[J]. 北方园艺, 2016(14):22-25.

## Quality Assessment of Eighteen Table Grapes by Using Hierarchy-relation and Cluster Analysis

SHEN Tian, NIU Ruimin, CHEN Weiping, XU Zehua, HUANG Xiaojing

(Institute of Germplasm Resources, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry, Yinchuan, Ningxia 750002)

**Abstract:** Eighteen varieties of table grapes were used as test materials, which were introduced from the different places. The quality of table grapes were measured, to select the table grapes which were suitable for cultivating in Ningxia, and provide reference for the development of table grapes in Ningxia. To observe and determine the 14 bio-economic indexes of fresh grape varieties, use the hierarchy-relation and cluster analysis to assist 18 Ningxia Yinchuan table grape's comprehensive quality. The results showed that, the weight value of intrinsic quality was higher than the external quality, and the weight assignment of aroma and flavor of intrinsic quality were the highest. Secondly the main factors discriminant flavors than solid acid and sugar acid ratio were lower. The spikelets and single grain weight were important factors affecting external quality. According to the weighted correlation degree of tested varieties and reference varieties, which sort the comprehensive quality of 18 nuclear table grapes varieties, which using the system clustering to classify, the integrated quality of 'Zaoheibao' was the best, next the 'Golden Finger', then the 'Sun Rose', and 18 varieties of table grapes were clustered in 6 classes. The appearance quality and intrinsic quality of "Zaoheibao" and "Yangguangmeigui" were good, good taste, rich flavor, and pleasant fragrance. The intrinsic quality of 'Golden Finger' 'Ruiduxiangyu' 'Xiangfei' 'Guifeimeigui' were good. The external quality performance was good, and the taste was unique, outstanding characteristics and delicate fragrance and flavor.

**Keywords:** hierarchy-relation; cluster analysis; table grapes; comprehensive quality