

不同等级新疆骏枣物理特征及其对分级结果的影响

吴明清^{1,2} 李传峰² 罗华平² 弋晓康² SHAKEEL Ahmed Soomro¹ 陈坤杰¹

(1. 南京农业大学工学院, 南京 210031; 2. 塔里木大学机械电气工程学院, 阿拉尔 843300)

摘要: 为了给红枣分级参数的选择及定量分级标准的制定提供科学依据,对新疆所产骏枣的主要特征参数进行测量和统计分析,研究了红枣各特征参数之间的相关性和各特征参数随等级的变化规律。通过聚类的方法,将红枣的8个特征参数分为5个类型,对根据不同特征参数进行分级所产生的参数误差进行了分析计算。试验结果显示,除密度外,红枣的各特征参数均对等级有显著影响,等级随特征参数标准偏差的减小而增大,各特征参数与等级之间存在显著的线性关系。各特征参数之间存在不同程度的相关性,轮廓面积和轮廓周长之间相关性最高,其次是轮廓周长和长度,除密度和质量、短径呈正相关外,密度和其他参数呈负相关。不同等级特征参数的平均误分率越高,分级效果越差;平均误分率越低,分级效果越好。密度的平均误分率最大,周长误分率最小。

关键词: 红枣; 特征参数; 分级; 相关性分析

中图分类号: TP391; S37 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2018)08-0324-07

Physical Characteristics of Red Jujube in Different Grades and Its Influence on Classification Results

WU Mingqing^{1,2} LI Chuanfeng² LUO Huaping² YI Xiaokang²
SHAKEEL Ahmed Soomro¹ CHEN Kunjie¹

(1. College of Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China
2. College of Mechanic and Electrical Engineering, Tarim University, Alar 843300, China)

Abstract: In order to provide scientific basis for selection of grading parameters of jujube and formulation of quantitative grading standards, the main characteristic parameters of jujube produced in Xinjiang were measured and statistically analyzed. The changes occurring between characteristic parameters and the variation of each characteristic parameter of red jujube were also correlated. The data were analyzed and processed by box diagram, correlation diagram, cluster diagram, variance analysis and error analysis. Through clustering method, eight characteristic parameters of jujube were divided into five types, and the parameter errors produced by grading of different characteristics were analyzed and calculated. The results showed that all nine characteristic parameters except density were significantly affected by grading. The grade of jujube was increased with the decrease of standard deviation whereas a significant linear relationship was observed for the characteristic parameters and grading. There were different degrees of correlation between all nine characteristic parameters, the correlation between the contour area and contour perimeter was observed to be the highest, followed by length and length of the contour. Besides quality, density and short diameter, the density and other parameters were negatively correlated. Calculating the average error rate for different grades of characteristic parameters, it was concluded that the results were different while using different characteristic parameters for grading, the highest rate of misclassification was observed for density whereas the lowest was observed for perimeter, the higher the average error rate was, the worse the classification effect was.

Key words: red jujube; characteristic parameters; classification; correlation analysis

收稿日期: 2018-01-09 修回日期: 2018-04-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(31560479、11464039)

作者简介: 吴明清(1981—),男,博士生,塔里木大学讲师,主要从事农产品检测与分析研究,E-mail: 290679570@qq.com

通信作者: 陈坤杰(1963—),男,教授,博士生导师,主要从事农产品加工与检测技术研究,E-mail: kunjiechen@njau.edu.cn

0 引言

新疆地区阳光充足,干旱少雨,出产水果的营养和品质明显高于其他省份^[1]。新疆的红枣品种主要是骏枣和灰枣,大多经过干制加工和分级后进入市场^[2]。由于受气候、土壤及种植条件等各种因素的影响,同一品种红枣的大小、颜色、糖度等品质都有一定的差异,如果不经过分级处理就上市流通,其商品价值会明显降低。因此,分级是红枣加工的关键环节,对提高红枣生产企业的经济效益具有重要作用^[3]。

目前,红枣的分级方法主要有手工分级、机械分级、机器视觉分级、光电分级 4 种方式。手工分级效率低,受主观因素影响较大;机械分级主要根据红枣的横径,将其分成 3~5 个不同等级,分级设备主要有带式^[4-5]、滚筒式和滚杠式^[6-7]。机械分级虽然效率较高,但仅以红枣的横径作为分级标准,指标单一,分级效果并不理想^[8]。光电分级主要以红枣的长度为分级依据^[9],也存在指标单一、分级效果不理想等缺点。近年来,有学者提出机器视觉红枣分级技术^[10]。马学武等^[11]利用机器视觉获取红枣的面积、颜色和最大直径,设计了自动分级设备。刘艳丽等^[3]研究了一种根据红枣图像面积和宽度进行分级的检测系统。由上述红枣分级方法可知,不论是机械法、光电法还是机器视觉技术,基本上都是根据红枣的长度、横径、宽度、面积中的 1 或 2 个红枣的物理特征参数进行分级,参数的选择具有一定的随意性,缺乏科学根据。选择不同的参数进行分级,对分级结果会有一定的影响^[12-13],但分级参数选择对分级结果的影响,目前还没有相关的研究报道。根据 GB/T 5835—2009,红枣分级的主要依据是果形的饱满、良好、正常以及肥厚程度^[14],这些指标比较模糊,无法定量,在实际生产中很难执行。因此,规范红枣的分级方法,制定合理的红枣分级定量指标具有现实意义。

本文以新疆骏枣为研究对象,统计分析新疆骏枣各物理特征参数的分布情况,对不同特征参数的分级结果进行分析比较,为制定合理的红枣定量分级标准提供理论和科学依据。

1 试验材料

1.1 红枣样本

采用产于新疆阿克苏地区的骏枣为研究样本,采集时间 2016 年 11—12 月。对所采集的样本采用热风干燥后(湿基含水率(25±6)%),根据某企业现行的红枣分级标准,如图 1 所示,将红枣样本按长

径分成 5 个等级:特级(36 mm 以上),一级(32~36 mm),二级(28~32 mm),三级(24~28 mm),四级(20~24 mm)。每个等级取 90 个样本,共计 450 个样本备用。



图 1 5 个等级红枣

Fig. 1 Five grades of red jujube

1.2 试验仪器与设备

DT-1002A 型电子天平(精确度 0.001 g,上海卓越公司)、干燥箱(108-1A 型,上海锦昱科学仪器有限公司)、电子数显游标卡尺(精度 0.01 mm,中国桂林量具刀具有限责任公司)、量筒(量程 250 mL,精度 5 mL)、记号笔、密封袋、标签纸和镊子。

2 参数测量与试验方法

2.1 三轴尺寸

骏枣呈圆台形,少数呈规则的圆柱形,最大腰径处横截面近似为椭圆,因此,定义椭圆的长轴长称为长径,椭圆的短轴长为短径,沿果蒂和果脐方向测量得到的两端最大距离定义为长度,如图 2 所示。根据上述定义,采用游标卡尺直接测量出红枣的三轴尺寸,即长径、短径和长度。

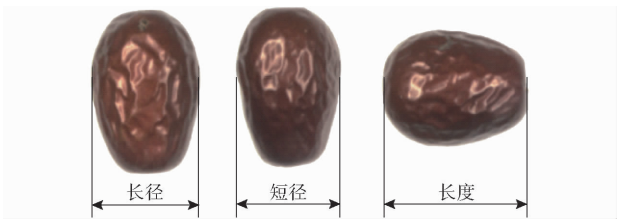


图 2 红枣的三轴尺寸

Fig. 2 Three-axis size of red jujube

2.2 周长

周长是指红枣最大腰径处横截面的周长,测量时,先找到样本的最大腰径位置,然后用一根线量取其周长,再用游标卡尺测出其读数。

2.3 体积、质量和密度

将样本依次放在电子天平上,称量得到每个样本的质量,记作 m_0 。

样本的体积采用排水法进行测量,具体如下:先将蒸馏水注入到圆柱直口嘴溢水烧杯中直到没有水溢出,然后用镊子将红枣完全浸入水中,将溢出的水接入到一个精密量筒,读出溢出水的体积,即得到样本的体积,记作 V_0 ,测量得到样本的体积和质量后,

样本的密度计算公式为

$$\rho_p = \frac{m_0}{V_0}$$
 (1)

式中 ρ_p ——样本室温下的密度, g/cm^3

2.4 投影面积和轮廓周长

2.4.1 图像采集

图像采集系统主要由相机、计算机、光源、暗箱等组成,如图 3 所示。相机采用维视图像 MV-EM130 型工业相机及 4.0 mm 焦距镜头,像素尺寸 $2.2\text{ }\mu\text{m} \times 2.2\text{ }\mu\text{m}$,帧率 15 f/s,以太网与计算机相连,照明光源采用 2 个柔光式 LED 灯。

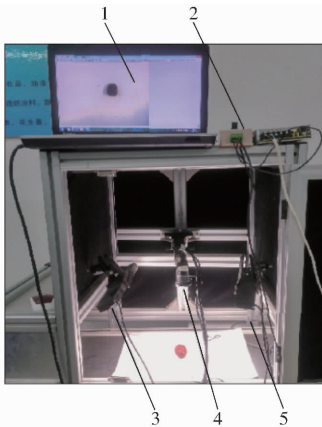


图 3 红枣图像采集系统

Fig. 3 Image acquisition system for red jujube

1. 计算机 2. 光源控制器 3. 光源 4. 相机及镜头 5. 暗箱

在进行图像采集时,首先将红枣样本放在一个白色托盘中,再置于输送带上,启动输送带电动机,将样本输入暗箱。当样本输送到相机镜头正下方时,触发相机,采集一副样本的正向俯视图,以 RGB 格式存于计算机备用。

2.4.2 图像预处理

获取红枣投影面积和表面轮廓周长,需要对采集的样本图像进行预处理,如图 4 所示。根据文献[10]所述方法,采用 Matlab 软件编写相应的图像处理程序,依次对每幅图像进行滤波降噪、灰度化、阈值分割、二值化、开运算、闭合运算、膨胀腐蚀、空洞填充等处理,得到样本的二值化投影图及二值化轮廓图。

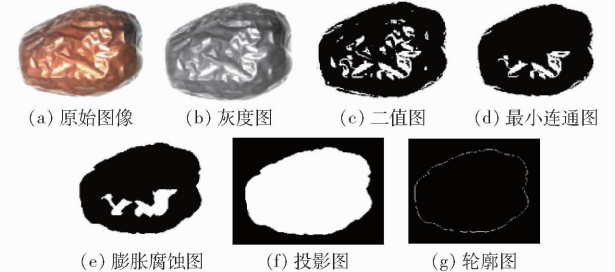


图 4 红枣特征提取

Fig. 4 Extraction of red jujube features

2.4.3 投影面积和轮廓周长的计算

分别采用 bwarea 函数和 bwperim 函数计算红枣二值化投影图中灰度为 1 的像素个数 M_j 及二值化轮廓图中灰度为 1 的像素个数 N_j ,根据事先对相机的标定,每个像素的边长相当于实际长度 0.125 mm,每个像素的面积相当于实际面积 0.016 mm^2 。因此,红枣样本的投影面积 A_i 计算公式为

$$A_i = 0.016M_j$$
 (2)

轮廓周长 L_i 计算公式为

$$L_i = 0.125N_j$$
 (3)

2.5 数据处理

数据统计分析计算等处理利用 Excel 2010 分别求最大值、最小值、均值和标准偏差;利用 SPSS 16.0 软件(IBM 公司),采用最小显著性差异(LSD)法,对数据组间差异性进行比较^[15];利用 Excel 2010 中“宏”数据分析工具中的相关分析进行多变量相关关系分析。采用 SPSS 16.0 进行系统聚类分析。采用 Matlab R2014a 进行数据处理。

3 结果与讨论

3.1 红枣特征参数和等级关系的统计分析

根据分级标准,将样本分成 5 个等级后,不同等级红枣样本的其他特征参数统计分析如表 1 所示。为直观反映红枣特征值的分布规律,做出不同等级红枣特征参数的盒子图,图 5 中 0~4 分别表示特级、一级、二级、三级、四级。由图 5 可知,除密度外,其他不同等级红枣的特征值之间有明显的差异,红枣等级随着特征参数的减小而增加。在表中,各个参数在等级内的变异系数数值相近,导致等级变异程度较小。

为进一步研究红枣各特征参数均值与等级之间的关系,对红枣特征参数和等级之间的关系进行线性拟合,结果如表 2 及图 5 所示,拟合后的决定系数为 R^2 ,统计量为 $F, F > F_{0.05}(1, 3) = 10.13, F$ 对应的概率 P 值小于显著性水平 0.05,因此认为各特征参数均值与等级间的线性关系显著。

3.2 各特征参数之间的相关性分析

由上述分析可知,除密度外,红枣其他各特征参数均随着等级的降低而线性减小,各特征参数之间可能存在着一定的关联性。这种变量之间关系程度可以用相关系数来定量表征^[16-17]。因此,做出红枣 9 个特征参数之间的相关系数矩阵如表 3 所示。相关系数用 r 表示,纵向观察,投影面积和轮廓周长直径的显著相关性最高, $r = 0.96$;其次是长度和轮廓周长, $r = 0.79$;另外,短径和周长、长度和投影面积、体积和投影面积、体积和轮廓周长相关系数 r 在

表 1 红枣的特征参数统计

Tab.1 Statistical characteristics of red jujube						
参数	等级	最小值	最大值	平均值	标准偏差	变异系数
长径/mm	特级	36.01	43.94	37.35 ^a	1.27	0.03
	一级	32.06	35.97	33.87 ^b	1.04	0.03
	二级	28.09	31.99	29.67 ^c	1.16	0.04
	三级	24.02	27.87	26.22 ^d	1.19	0.05
	四级	20.11	23.99	23.00 ^e	0.91	0.04
短径/mm	特级	28.36	39.78	32.80 ^a	2.05	0.06
	一级	27.22	37.48	30.68 ^b	1.55	0.05
	二级	23.12	30.46	26.67 ^c	1.55	0.06
	三级	20.12	26.80	23.68 ^d	1.51	0.06
	四级	19.06	23.55	21.27 ^e	1.16	0.05
长度/mm	特级	38.21	55.14	47.18 ^a	3.46	0.07
	一级	37.13	53.49	43.77 ^b	3.78	0.09
	二级	28.96	50.51	41.10 ^c	3.45	0.08
	三级	28.22	45.45	37.51 ^d	3.31	0.09
	四级	25.98	44.60	33.19 ^e	3.34	0.10
周长/mm	特级	103	132	111.2 ^a	0.43	0.04
	一级	90	114	103.0 ^b	0.40	0.04
	二级	79	100	90.3 ^c	0.41	0.05
	三级	72	88	79.8 ^d	0.41	0.05
	四级	58	85	73.6 ^e	0.55	0.07
体积/cm ³	特级	27.9	49.1	34.50 ^a	3.80	0.11
	一级	19.7	36.8	26.88 ^b	3.77	0.14
	二级	11.8	28.7	20.19 ^c	2.87	0.14
	三级	9.2	21.5	14.78 ^d	2.30	0.16
	四级	7.8	15.9	11.63 ^e	1.79	0.15
质量/g	特级	10.25	20.54	14.41 ^a	2.23	0.15
	一级	7.59	16.73	11.65 ^b	1.96	0.17
	二级	6.82	13.09	9.21 ^c	1.48	0.16
	三级	4.00	11.36	6.93 ^d	1.32	0.19
	四级	3.36	8.02	5.39 ^e	0.87	0.16
投影面积/mm ²	特级	1 328.86	2 140.74	1 634.82 ^a	167.57	0.10
	一级	1 025.59	1 762.89	1 348.50 ^b	127.29	0.09
	二级	883.52	1 355.30	1 090.82 ^c	103.35	0.09
	三级	578.37	1 158.67	855.21 ^d	104.88	0.12
	四级	491.01	999.23	694.70 ^e	90.04	0.13
轮廓周长/mm	特级	140.06	262.34	163.64 ^a	24.56	0.15
	一级	124.92	168.69	142.80 ^b	7.53	0.05
	二级	114.77	150.45	129.03 ^c	7.07	0.05
	三级	92.36	137.48	114.45 ^d	7.72	0.07
	四级	85.94	129.44	103.08 ^e	8.00	0.08
密度/(g·cm ⁻³)	特级	0.30	0.61	0.42 ^a	0.05	0.12
	一级	0.29	0.68	0.44 ^a	0.07	0.16
	二级	0.33	0.85	0.46 ^{ab}	0.07	0.15
	三级	0.31	0.59	0.47 ^{bc}	0.06	0.12
	四级	0.32	0.64	0.47 ^c	0.07	0.15

注：不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

0.74 ~ 0.75 之间,其他特征参数之间的相关性较小。两个自变量之间有较大的相关性,意味着这两个参数具有共线性,对因变量的影响高度一致,是非

独立变量。因此,在选择因变量的影响因素时,相关性较大的两个自变量任选 1 个即可。例如在选择影响红枣等级的因素或建立红枣等级的预测模型时,投影面积和轮廓周长只需任选 1 个作为模型的输入变量。

3.3 红枣多特征参数聚类分析

在进行多样本分类时,如果依据单因素分类不足以全面综合地描述其类别,就要考虑多因素分类^[18-20]。由以上的分析可知,红枣的 9 个特征参数,均对其等级有一定的影响,但物理含义不尽相同。采用聚类分析,将 8 个参数按其性质分成不同类型,将性质相近的变量分成一类,对红枣分级变量选择以及分级模型的建立,具有一定的现实意义。

根据离差平方和法做出 8 个特征变量的 R 型聚类树形图(图 6),可知在类间距离等于 5 时,8 个特征参数可以分为 5 类:第 1 类聚集了 2 个特征参数,即周长和短径,将这 2 个特征参数结合进行分级,有助于提升红枣的分级精度;第 2 类聚集了 1 个特征参数,即长径;第 3 类聚集了 1 个特征参数,即体积;第 4 类聚集了 1 个特征参数,即长度;第 5 类聚集了 3 个特征参数,即质量、轮廓周长、投影面积,其中投影面积和轮廓周长是机器视觉中分级的重要特征参数。聚类分析将红枣特征参数进行分类,为红枣分级特征参数选择提供一定的依据。

3.4 参数等级误差分析

在根据几何特征对红枣进行分级时,形状特征会对分级结果产生一定的影响。例如,对于一个形状短粗的红枣样本,按照长径分级判定为特级,但如果再按长度来分级时,可能只能算作一级甚至二级。对于这种同一个样本按不同参数进行分级时等级发生变化的现象,称之为窜级或误分。按长径划分为 5 级,5 个等级内以周长的最大值和最小值确定周长等级划分范围。如图 7 所示,根据箭头出入将周长分为 5 个等级,箭头的输出为最大值,箭头的输入为最小值,不同等级之间有相交,如特级和一级在区间(114,103)内重叠,认为特级中有部分窜级到一级中;一级区间内(114,103)和(100,90)分别与特级和二级重叠,认为一级中有部分窜级到特级和二级中。

如图 8a 所示, n 级的样本数等于 A , $n + 1$ 级的样本数等于 C ,有 B 个 n 级样本被判定为 $n + 1$ 级,定义 n 级参数分级误分率,即 $B/A \times 100\%$ 。

同理,如图 8b 所示, n 级的样本数等于 A , $n + 1$ 级的样本数等于 C , $n + 2$ 级的样本数等于 E ,有 B 个 $n + 1$ 级样本被判定为 n 级,有 D 个 $n + 1$ 级被判定

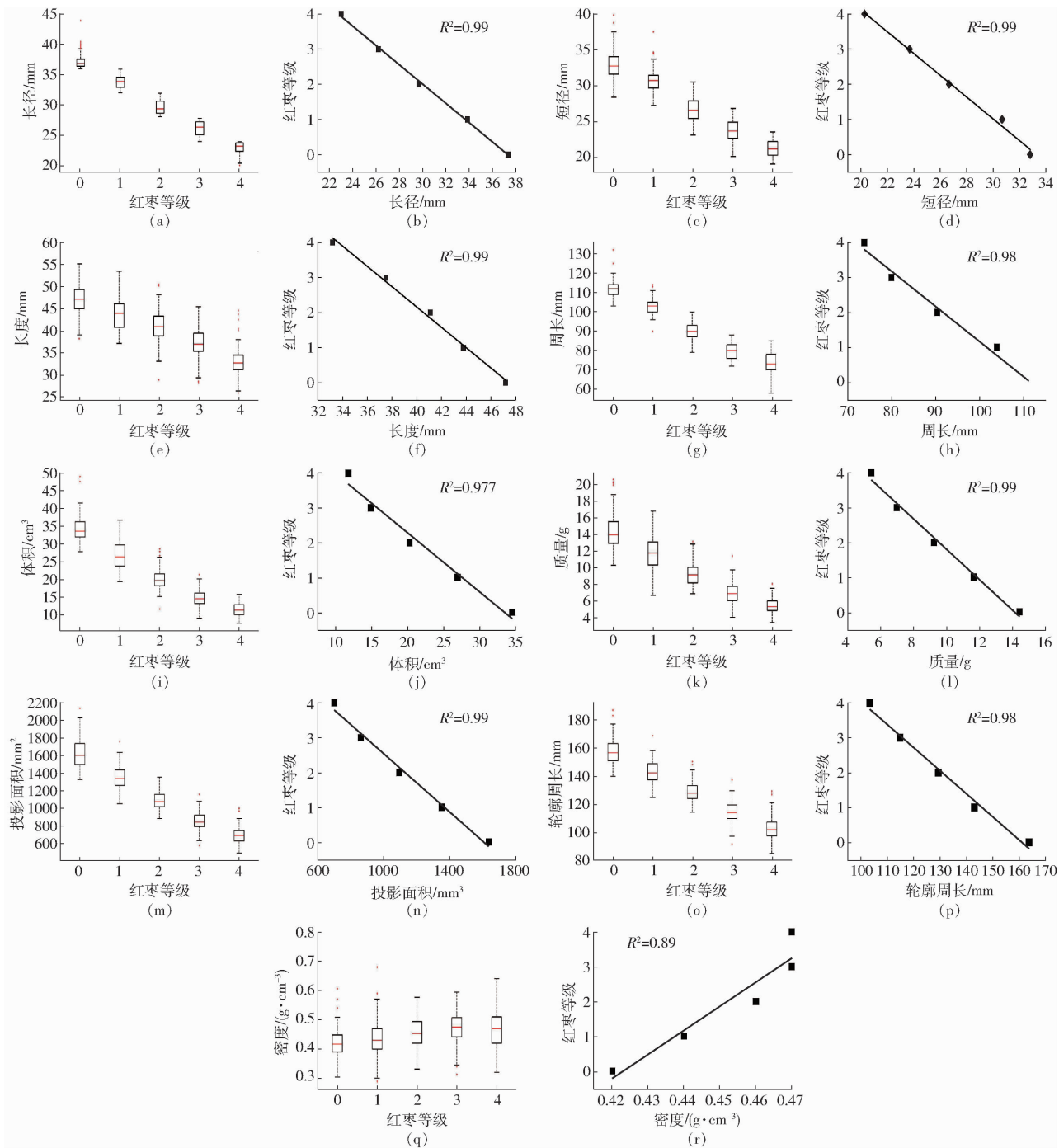


图5 红枣特征参数盒子图以及特征参数均值与等级之间的线性拟合结果

Fig.5 Box plots of red jujube characteristic parameters, and linear fitting results between mean and grade of characteristic parameters

为 $n + 2$ 级,定义 $n + 1$ 级参数分级误分率,即为 $(B + D)/C \times 100\%$ 。

根据上述原理计算结果如表4所示,误分率用 ε 表示,密度的平均误分率最大, $\varepsilon = 1\%$,说明该参数分级效果较差;周长误分率最小,其值 $\varepsilon = 0.76\%$ 。根据长径标准分级确定其他特征参数的等级范围,讨论其他参数在该等级内的误分率,平均误分率越大,该参数的窜级越大,分级效果越差,平均误分率越小,该参数的窜级越小,分级效果越好。

表2 特征参数与等级之间的线性拟合结果的显著性分析

Tab.2 Significant analysis of linear fitting results between feature parameters and grades

参数	R^2	a	b	$F_{0.05}(1,3)$	F	P
长径	0.99	-0.27	10.24	10.13	467.85	<0.001
短径	0.99	-0.30	10.31	10.13	345.66	<0.001
长度	0.99	-0.29	13.76	10.13	438.96	<0.001
周长	0.98	-0.10	11.20	10.13	269.16	<0.001
体积	0.977	-0.16	5.60	10.13	131.30	0.01
质量	0.99	-0.43	6.14	10.13	297.29	<0.001
投影面积	0.99	-0.004	6.67	10.13	300.89	<0.001
轮廓周长	0.98	-0.06	10.63	10.13	248.32	0.01
密度	0.89	69.14	-29.25	10.13	26.68	0.014

表 3 红枣各个特征参数之间的相关系数

Tab.3 Correlation of each characteristic parameter of red jujube

参数	长径	短径	长度	周长	体积	质量	投影面积	轮廓周长	密度
长径	1								
短径	0.36	1							
长度	0.24	0.04	1						
周长	0.68	0.74	0.17	1					
体积	0.62	0.45	0.64	0.63	1				
质量	0.45	0.37	0.37	0.43	0.63	1			
投影面积	0.51	0.01	0.75	0.26	0.74	0.44	1		
轮廓周长	0.49	-0.02	0.79	0.23	0.74	0.47	0.96	1	
密度	-0.03	0.12	-0.11	-0.01	-0.10	0.69	-0.14	-0.10	1

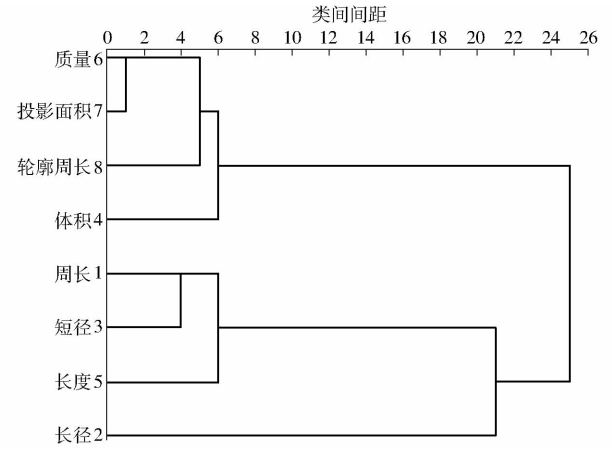


图 6 R 型聚类树形图

Fig.6 R-type clustering tree

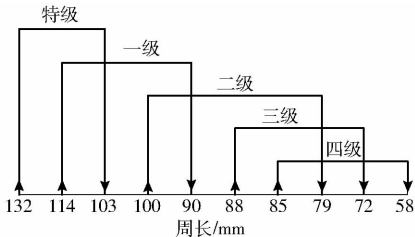


图 7 周长等级示意图

Fig.7 Schematic of perimeter level

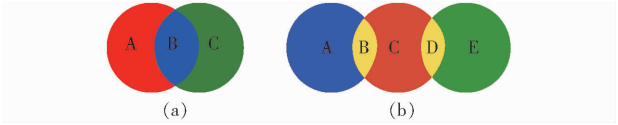


图 8 参数等级误差分析

Fig.8 Error analysis of parameter grade

表 4 参数等级误分率

Tab.4 Parameter level error analysis

红枣等级	长度	短径	周长	体积	质量	投影面积	轮廓周长	密度
特级	0.94	0.98	0.75	0.73	0.88	0.72	0.82	1
一级	1	1	0.63	1	1	1	1	1
二级	1	0.93	0.72	1	1	1	1	1
三级	1	0.73	1	1	1	1	1	1
四级	0.91	0.76	0.72	0.93	0.53	1	0.92	1
平均值	0.97	0.88	0.76	0.93	0.88	0.94	0.95	1

4 结论

- (1)红枣的各特征参数均对等级有显著影响,除密度外,等级随着特征标准偏差数值的减小而增大,各特征参数与等级之间有显著性线性关系。
- (2)红枣的各特征参数之间存在相关性,轮廓面积和轮廓周长之间的相关性最高,其次是轮廓周长和长度,密度和质量、短径之间呈正相关,密度和其他特征参数呈负相关。
- (3)根据聚类分析,红枣的特征参数可分成 5 类,聚类分析结果可以为特征参数的选取提供依据。
- (4)按不同等级的最大值和最小值确定特征参数的分级范围,计算不同特征参数的误分率。平均误分率越大,该参数的分级效果越差;平均误分率越小,该参数的分级效果越好。

参 考 文 献

1 朱锐. 新疆枣树栽培适宜品种及关键技术的调查研究[D]. 北京:北京林业大学,2010.
ZHU Rui. Xinjiang jujube cultivation suitable varieties and key technology research [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2010. (in Chinese)

2 赵启明. 小杂果全自动智能分级技术装备的开发与研究[C]//中国农业机械学会 2006 年学术年会,2006.

3 刘艳丽,杜鸿运,王世璞. 红枣高速在线分级检测系统研发[J]. 中国农机化学报,2015,36(5):142-144.
LIU Yanli,DU Hongyun,WANG Shipu. High-speed online grading detection system for jujubes[J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization,2015,36(5):142-144. (in Chinese)

4 石卫明. 一种红枣分拣机:中国,CN206229693U[P]. 2017-06-09.

5 李景彬,坎杂,李成松,等. 差速带式红枣分级装置:201020541488.6[P]. 2010-09-26.

6 李忠新,郭俊,杨军,等. 果品分级机:200910113563.0[P]. 2009-12-07.

7 郑军辉,安有成. 滚杠式分级机:200920307708.6[P]. 2009-08-10.

8 王松磊,刘民法,何建国,等. 红枣自动快速无损检测分级机研究[J/OL]. 农业机械学报,2014,45(9):79-83,95. http://www.jcsam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20140913&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.09.013.
WANG Songlei,LIU Minfa,HE Jianguo,et al. Study of rapid and automatic nondestructive testing grader for red jujubes[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2014,45(9):79-83,95. (in Chinese)

- 9 张雪松. 基于线阵 CCD 的红枣分选技术[J]. 食品与机械, 2008, 24(3): 81 – 83.
ZHANG Xuesong. Red jujube separation technology based on linear CCD[J]. Food and Machinery, 2008, 24(3): 81 – 83. (in Chinese)
- 10 李景彬, 邓向武, 坎杂, 等. 基于机器视觉的干制红枣大小分级方法研究[J]. 农机化研究, 2014, 36(2): 55 – 59.
LI Jingbin, DENG Xiangwu, KAN Za, et al. The method of automatic dried red jujube hierarchy based on machine vision[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2014, 36(2): 55 – 59. (in Chinese)
- 11 马学武, 何建国. 基于机器视觉红枣无损自动分级设备的研制[J]. 宁夏工程技术, 2008, 7(3): 213 – 215.
MA Xuwu, HE Jianguo. Development of automatic grading equipment based on machine vision of red jujube[J]. Ningxia Engineering Technology, 2008, 7(3): 213 – 215. (in Chinese)
- 12 殷勇, 陶凯, 于慧春. 基于机器视觉的苹果分级中特征参量选择方法[J/OL]. 农业机械学报, 2012, 43(6): 118 – 121, 127.
http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20120622&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2012.06.022.
YIN Yong, TAO Kai, YU Huichun. Feature selection method for apple grading based on machine vision[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(6): 118 – 121, 127. (in Chinese)
- 13 肖爱玲, 李伟. 我国红枣分级技术及红枣分级机研究现状[J]. 农机化研究, 2011, 33(11): 241 – 244.
XIAO Ailing, LI Wei. China's jujube grading technology and the status of jujube grading machine[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2011, 33(11): 241 – 244. (in Chinese)
- 14 GB/T 5835—2009 干制红枣[S].
- 15 孙啸, 刘浩鲁, 陈彩蓉, 等. 基于特征参量的肉鸡木质肉在线检测方法[J/OL]. 农业机械学报, 2017, 48(6): 284 – 289.
http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20170637&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.06.037.
SUN Xiao, LIU Haolu, CHEN Cairong, et al. On-line detection mechod of raw woody breast based on characteristic parameter[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(6): 284 – 289. (in Chinese)
- 16 黄喻, 黄思静, 刘仕田, 等. 用 Excel 完成多变量间的相关分析——以四川某气田储层孔隙度与其控制因素的关系为例[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2006, 33(4): 431 – 435.
HUANG Yu, HUANG Sijing, LIU Shitian, et al. Complete the multivariate correlation analysis with Excel—a gas field in Sichuan and its controlling factors of reservoir porosity relationship, for example[J]. Journal of Chengdu University of Technology(Science & Technology Edition), 2006, 33(4): 431 – 435. (in Chinese)
- 17 赵三琴, 李毅念, 丁为民, 等. 稻穗结构图像特征与籽粒数相关关系分析[J/OL]. 农业机械学报, 2014, 45(12): 323 – 328.
http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20141246&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.12.046.
ZHAO Sanqin, LI Yinian, DING Weimin, et al. Relative analysis between image characteristics of panicle structrue and spikelet number[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(12): 323 – 328. (in Chinese)
- 18 公丽艳, 孟宪军, 刘乃侨, 等. 基于主成分与聚类分析的苹果加工品质评价[J]. 农业工程学报, 2014, 30(13): 276 – 285.
GONG Liyan, MENG Xianjun, LIU Naiqiao, et al. Evaluation of apple quality based on principal component and hierarchical cluster analysis[J]. Transactions of the CSAE, 2014, 30(13): 276 – 285. (in Chinese)
- 19 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, 36(13): 57 – 64.
LIU Meiyong, LI Xiaolong, LIANG Zhuo, et al. Comprehensive quality assessment of fresh grape varieties based on fuzzy mathematics and clustering analysis[J]. Food Science, 2015, 36(13): 57 – 64. (in Chinese)
- 20 LUO Jianguo, GONG Kuihua, ZONG Xueping. The cluster analysis on the type of experimental courses by spss[C]//International Conference on Electronics, Information and Communication Engineering(EICE 2012). Paris: ASME Press, 2012.