

基于图像评价的无核白葡萄成像系统构建

Determination of the imaging system for seedless white grape based on image evaluation

李泽平¹ 李雪莲¹ 周 军¹ 郭俊先¹

LI Ze-ping¹ LI Xue-lian¹ ZHOU Jun¹ GUO Jun-xian¹

黄 华² 郭 阳¹ 张亮亮¹

HUANG Hua² GUO Yang¹ ZHANG Liang-liang¹

(1. 新疆农业大学机电工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆农业大学数理学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

(1. College of Mechanical and Electronic Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China; 2. College of Mathematic and Physics, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

摘要:针对无核白葡萄图像的获取问题,在自制的采集平台上充分考虑了背景纸颜色、光源结构以及打光模式等因素对图像的影响,并采用主客观综合评价图像的方法对比确定各因素的最佳取值水平。结果表明,无核白葡萄机器视觉成像系统的最佳因素取值为:背景纸为白色背景纸,光源结构为条形光源 -60° ,打光模式为明场模式,此时的图像质量最好。

关键词:无核白葡萄;图像采集;图像质量评价;背景纸;光源

Abstract: In order to obtain the image of seedless white grape, the influence of background paper color, light source structure and lighting mode on the image was fully considered on the self-made acquisition platform. Firstly, the optimal level of each factor is determined by single factor test, then the acquisition platform is optimized by orthogonal test, and finally the optimal value level of each factor is determined by subjective and objective comprehensive evaluation image method. The results showed that the best values of the machine vision imaging system of seedless white grape were: the background paper is white, the light source structure is strip light source -60° , the lighting mode is open field mode. Under the conditions, the image quality is the best.

Keywords: seedless grape; image acquisition; image quality evaluation

基金项目:新疆维吾尔自治区科技厅基金项目(编号:2019D01A52)

作者简介:李泽平,男,新疆农业大学在读硕士研究生。

通信作者:郭俊先(1975—),男,新疆农业大学教授,博士。

E-mail: junxianguo@163.com

收稿日期:2020-06-13

uation; background paper; light source

无核白葡萄作为新疆吐鲁番地区的主栽品种^[1-2],对吐鲁番农业经济的发展起重要作用。目前,无核白葡萄上市前品质等级主要依靠人工检测和分级,速度慢、效率低且主观性强^[3-4],果品的采后处理技术比较薄弱,不利于其精确有效的分级^[5-6]。

无核白葡萄呈现强透光特点,成像质量和光源选取均直接影响无核白葡萄的指标预测和分级。如何获得无核白葡萄成像系统的最佳因素与水平,对提高图像质量具有重要意义^[7]。常见的葡萄图像采集主要基于 2 种环境:室外特定光照环境下的露天环境和室内人工控制的机器视觉成像系统。例如,Zabawa 等^[8]使用卷积神经网络执行语义分割检测图像中的单个浆果,来计算每个浆果的数量。邱津怡等^[9]提出了一种基于卷积神经网络(CNN)的多尺度葡萄图像识别方法,发现卷积神经网络对于特征提取的效果优于传统的特征提取算法。刘智杭等^[10]针对自然光照复杂背景下,葡萄果穗区域分割准确度差的问题,提出了一种融合局部异常因子(LOF)算法和 K 均值聚类算法的图像分割算法。由于没有统一的衡量标准,目前通常都是采用图像评价的方法评价采集到的图像。

为消除葡萄粒透光和光晕问题,获得葡萄串的最佳分割效果,准确分析葡萄串的图像信息,试验拟采集不同背景、光源结构、打光模式下的无核白鲜葡萄图像,采用图像评价的方法对比各因素水平下采集的图像,确定无核白葡萄机器视觉成像系统因素的最佳取值,旨在为无核白葡萄的指标预测与分级提供参考依据。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料

无核白鲜葡萄:共 30 串,颗粒均匀(单果粒重约为 2~3 g),糖度为 17%~23%、湿基含水率为(82±3)%,于 1℃冰柜冷藏存放,市售。

1.2 仪器设备

采集平台:规格为 48 cm×43 cm×170 cm,外层用黑色幕布将整个平台全部遮挡,自制;

图像采集系统(见图 1):AT-200CL 型,包括相机、3CCD 面阵摄像机,丹麦 JAI 公司;

镜头:LM35CLS 型,日本 NIKON 公司;

高亮条形光源:LTS-2BR3503 型,乐视自动化科技有限公司;

高亮度 LED 线光源:HLND-500SW2-R 型,美国 CCS 公司;

低角度环形光源:HRL180SW LED 型,东莞科视自动化科技有限公司;

图像采集卡:OR-X4C0-XPD00 型,日本 Kowa 公司;

光源控制器:LTS-APC2460-2 型,乐视自动化科技有限公司;

计算机:CentreM6100t 型,联想(北京)有限公司。

1.3 图像采集

采集图像时,葡萄样本先于室温下放置 0.5 h,调整机器视觉系统物距、图像分辨率、光圈大小等参数,直至采集的图像清晰。

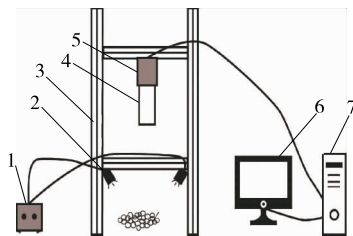
1.4 数据处理

采用 Matlab R2014A 软件进行图像处理,采用 SPSS 软件进行数据处理。使用 Excel 97-2003 软件进行图、表绘制。

2 试验设计

2.1 单因素试验

2.1.1 背景纸对图像的影响 分别以黑色、白色、棕色、灰色、紫色、绿色、深蓝色、浅绿色、红色、褐色、蓝色、粉色、浅粉色、桃红色 15 种颜色的 4K 硬卡纸为背景,



1. 光源控制器 2. LED 光源 3. 铝型材框架 4. 镜头 5. 摄像机 6. 电脑 7. 图像采集卡(内置主机箱里)

图 1 图像采集系统

Figure 1 Image acquisition system

拍摄一批无核白葡萄图片,使用 Matlab 软件进行分析,以葡萄图像的前景和背景的灰度差异值和图像信噪比为衡量指标,确定采集图像时的最佳背景纸。

2.1.2 光源结构对图像的影响 在最佳采集背景纸下,以 3 种不同光源(条形光源、线光源、环形光源)以及光源与相机所成的不同夹角(分别为 0°,30°,45°,60°)组成不同的光源结构(条形光源-0°、条形光源-30°、条形光源-45°、条形光源-60°、线光源-0°、线光源-60°、环形光源-0°),拍摄一批无核白葡萄图像,使用 Matlab 软件进行分析,以葡萄图像的前景和背景的灰度差异值和图像信噪比为衡量指标,确定采集图像时的最优光源结构。

2.2 正交试验

在单因素试验的基础上,选取 30 串无核白葡萄,以背景纸、光源结构、打光模式为因素,进行三因素三水平正交试验,以确定采集图像时的最佳条件。

3 常用图像质量评价方法

图像质量评价分为主观评价和客观评价^[11]。主观评价是观察者对图像质量进行评价,人为干扰因素大,在实际应用中受到极大的限制^[12-13]。而客观评价只需设计算法模型,通过模型自动评价图像质量^[14],常用的客观评价方法主要有 PSNR、均方误差^[15]、平均梯度、图像熵、NIQE、SNR 等,但 PSNR、均方误差等需要原始图像进行参照,不适用于单幅图像的评价^[13]。因此只对平均梯度、图像熵、NIQE、NR 4 种方法(表 1)展开讨论。

4 结果与分析

4.1 单因素试验

4.1.1 背景纸对图像的影响 由图 2(a)可知:白色背景纸下,图像的信噪比最高,黄色和桃红色次之。信噪比可以反映图像的质量,其值越高说明产生的杂质越少,图像越清晰,图像信号质量越高。由图 2(b)可知,白色背景纸下,图像的前景与背景的灰度值差异最大。而背景灰度值与前景灰度值对比度越高,越有利于目标区域的有效获得,分割效果越佳。因此,白色背景纸对图像的影响最大,黄色和桃红色背景纸影响次之,黑色背景纸对图像的影响最小。

4.1.2 光源结构对图像的影响 由图 3 可知,在条形光源-60°的光源结构下,图像的信噪比最高,且前景与背景

表 1 图像质量客观评价方法

Table 1 Objective evaluation method of image quality

方法	描述	结果
平均梯度	反映图像的清晰程度	越大越好
图像熵	反映图像的平均信息量	越大越好
NIQE	基于图像自然统计特征	越小越好
SNR	反映图像的信号与噪声方差之比	越大越好

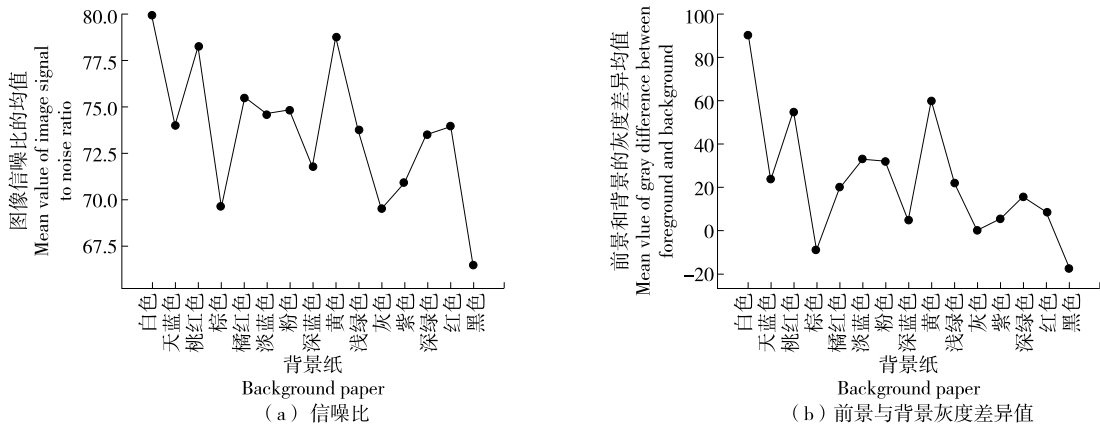


图2 背景纸对图像效果的影响
Figure 2 Effect of different color background paper on image

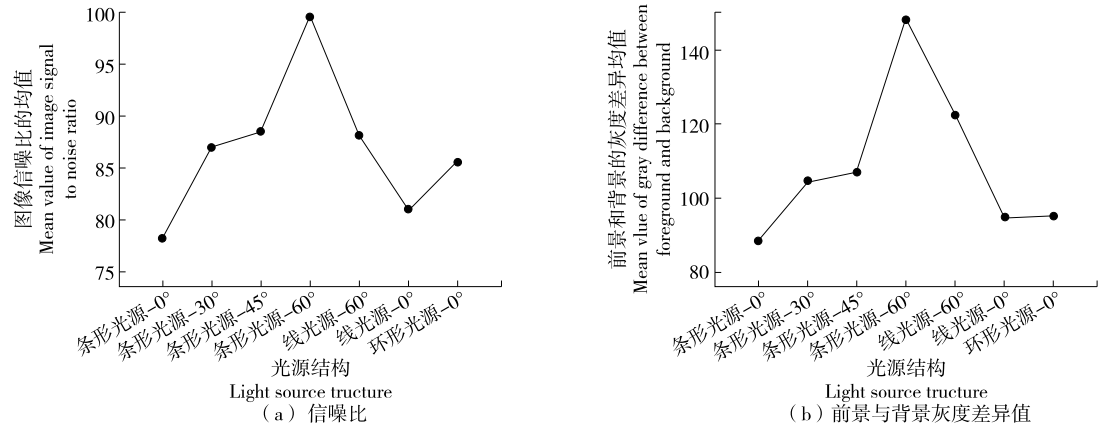


图3 光源结构对图像效果的影响
Figure 3 Influence of different light source structures on image

的灰度值差异最大,而线光源-60°、条形光源-45°和条形光源-30°的光源结构效果次之,其中条形光源-0°的光源结构效果最差。由人为观察可知,线光源-60°的光源结构在拍摄过程中,由于线光源的光在空间传播过程中只向一个方向呈线性传播,所以容易造成无核白葡萄表面受光不均匀、图像光晕较大,不利于后期图像处理,故后续正交试验中,由条形光源-30°的光源结构取代线光源-60°的光源结构。

4.2 正交试验

在单因素试验基础上,结合打光模式进行三因素三水平正交试验,其因素水平及编码见表2,试验设计与结果见表3。

由表3可知,影响无核白葡萄图像的因素为 $C>A>B$,即打光模式>背景纸>光源结构。由表4可知,打光模式对图像前景与背景的灰度差异值和信噪比的影响显著,与极差分析结果一致,得到采集图像的最佳组合为 $A_1B_1C_1$,因此无核白葡萄图像采集的最佳条件为:背景纸为白色背景纸,光源结构为条形光源-60°,打光模式为明场模式。

4.3 图像质量评价

采用客观评价方法对图像质量进行评价,通过分析可知:①同一因素水平下同一无核白葡萄拍摄的3张照片,其评价结果相差不大,可以取同一因素水平下3次重复评价结果的平均值作为该因素水平下的评价结果;②同一张无核白葡萄图片在9种因素水平下的图像质量差异较大;③90张无核白葡萄图片分别在9种因素水平下的图像质量评价结果呈现一致的趋势。

与客观评价方法对比,选择若干主观评价人员对图像进行评价,评价结果分为5个等级。图像质量评价结果见表5。由表5可知,主、客观评价的结果基本一致,在

表2 试验因素水平及编码			
Table 2 Test factor level and code			
水平	A 背景纸	B 光源结构	C 打光模式
1	白色	条形光源-60°	明场
2	黄色	条形光源-45°	暗场
3	桃红色	条线光源-30°	平行背光源投射

表 3 正交试验设计与结果[†]
 Table 3 Orthogonal test analysis table

试验号	空列	A	B	C	前景与背景灰度 差异值 X	图像信噪比 Y	综合评分 Z
1	1	1	1	1	148.34	99.63	100.00
2	1	2	2	2	-3.25	71.65	42.27
3	1	3	3	3	-35.58	72.57	34.10
4	2	1	2	3	-2.84	88.52	55.54
5	2	2	3	1	74.52	83.19	70.19
6	2	3	1	2	-32.85	75.62	36.68
7	3	1	3	2	34.72	70.49	51.81
8	3	2	1	3	10.49	90.54	57.36
9	3	3	2	1	75.61	86.43	72.44
k_1	58.790	69.117	64.680	80.877			
k_2	54.137	56.607	56.750	43.587			
k_3	60.537	47.740	52.033	49.000			
R	6.400	21.377	12.647	37.290			

[†] $Z = (X/X_{\max}) \times 40 + (Y/Y_{\max}) \times 60$ 。

表 4 正交试验方差分析[†]

Table 4 Analysis of variance of orthogonal test

方差来源	偏差平方和	自由度	F 值	F 临界值	显著性
A	692.080	2	10.540	19.000	
B	245.070	2	3.732	19.000	
C	2 435.970	2	37.097	19.000	*
误差	65.660	2			

[†] $F_{0.05}(1,2)=19$; * 表示差异显著。

表 5 图像质量评价结果

Table 5 Image quality evaluation results

序号	平均梯度	图像熵	NIQE	SNR	主观评价
1	2.140 6	7.537 9	5.646 7	99.629 6	最佳
2	1.112 9	3.593 2	7.568 7	71.648 2	低于平均水平
3	1.402 1	5.943 8	6.983 6	72.574 8	低于平均水平
4	1.826 5	6.589 2	6.468 7	88.515 6	高于平均水平
5	1.526 9	6.532 1	6.746 8	83.189 1	平均水平
6	1.254 2	6.058 7	7.984 6	75.621 6	最差
7	1.425 1	6.105 4	7.786 8	70.494 6	低于平均水平
8	1.710 1	6.543 8	5.949 1	90.944 8	高于平均水平
9	1.545 1	6.435 7	6.721 8	86.434 8	平均水平

一定条件下反映了无核白葡萄图像的质量。综上,1 号试验所得图像结果最佳,从而得出无核白葡萄机器视觉成像系统的最佳因素取值。

为了验证试验结论的正确性,采用上述 9 组因素水平下各拍摄 10 串绿色和黄色无核白葡萄照片,重复上述步骤并进行质量评价,结果显示,验证实验的无核白葡萄

的综合评分优于正交试验中大部分试验结果,说明无核白葡萄成像系统的确定可行性较高。9 种环境因素水平下拍摄的图像质量存在一定差别,其图像质量由高到低对应的成像系统的因素水平顺序依次为 1,4,8,5,9,7,2,3,6。其中 1 号试验所得图像结果最佳,因此无核白葡萄机器视觉成像系统的最佳因素取值为:背景纸为白色背景纸,光源结构为条形光源-60°,打光模式为明场模式。

5 结论

针对无核白葡萄图像获取等问题开展了试验研究,并结合主客观综合评价图像质量的方法评价了获取到的无核白葡萄图像,确定无核白葡萄机器视觉成像系统的最佳因素取值为:背景纸为白色背景纸,光源结构为条形光源-60°,打光模式为明场模式。由于试验采集的图像只是固定背景下的无核白葡萄图像,容易导致葡萄穗形变,后续应考虑挂靠或悬挂式采集葡萄照片。

参考文献

[1] 张琼琼,魏佳,张健,等. 硫化氢熏蒸对无核白葡萄采后细胞壁及病害的影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(13): 277-283.

[2] 杨嘉鹏,闫圣坤,徐立军,等. 无核白葡萄箱式热风干燥特性及干燥模型研究[J]. 食品与机械, 2017, 33(6): 79-83.

[3] 王伟. 基于矩阵低秩稀疏分解模型的产品表面缺陷检测方法研究[D]. 湘潭:湘潭大学, 2017: 1-2.

[4] 潘照,周文化,肖玥惠子. 基于主成分分析的不同种鲜食葡萄品质评价[J]. 食品与机械, 2018, 34(9): 139-146.

(下转第 228 页)

- properties and water vapour permeability of hydrolysed collagen-cocoa butter edible films plasticised with sucrose[J]. Food Hydrocolloids, 2013, 30(2): 625-631.
- [52] MUSSO Y S, SALGADO P R, MAURI A N. Smart edible films based on gelatin and curcumin [J]. Food Hydrocolloids, 2017, 66: 8-15.
- [53] NEIRA L M, MARTUCCI J F, STEJSKAL N, et al. Time-dependent evolution of properties of fish gelatin edible films enriched with carvacrol during storage [J]. Food Hydrocolloids, 2019, 94: 304-310.
- [54] JRIDI M, BOUGHRIBA S, ABDELHEDI O, et al. Investigation of physicochemical and antioxidant properties of gelatin edible film mixed with blood orange (*Citrus sinensis*) peel extract [J]. Food Packaging and Shelf Life, 2019, 21: 9.
- [55] CATALINA M, ATTENBURROW G E, COT J, et al. Influence of crosslinkers and crosslinking method on the properties of gelatin films extracted from leather solid waste[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2011, 119(4): 2 105-2 111.
- [56] DEIBER J A, PEIROTTI M B, OTTONE M L. Rheological characterization of edible films made from collagen colloidal particle suspensions[J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(5): 1 382-1 392.
- [57] UMARAW P, VERMA A K. Comprehensive review on application of edible film on meat and meat products: An eco-friendly approach[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2017, 57(6): 1 270-1 279.
- [58] 于林, 陈舜胜, 王娟娟, 等. 茶多酚改性胶原蛋白-壳聚糖复合膜对冷藏斜带石斑鱼的保鲜效果[J]. 食品科学, 2017, 38(3): 220-226.
- [59] 甘钊生, 梁志. 鱼鳞胶原蛋白可食性复合涂膜对圣女果保鲜效果研究[J]. 农产品加工(下半月), 2019(8): 17-19.
- [60] 单梦圆, 宋琳璐, 胡奇杰, 等. 基于鱼鳞明胶的可食性保鲜膜对金枪鱼肉的保鲜作用研究[J]. 核农学报, 2019, 33(6): 1 137-1 145.
- [61] 萨仁高娃, 胡文忠, 修志龙, 等. 可食性活性涂膜在鲜切果蔬保鲜中的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2015(7): 2 427-2 433.
- [62] LIM Y S, OK Y J, HWANG S Y, et al. Marine collagen as a promising biomaterial for biomedical applications[J]. Mar Drugs, 2019, DOI: 10.3390/md17080467.
- [63] WANG J K, YEO K P, CHUN Yong-yao, et al. Fish scale-derived collagen patch promotes growth of blood and lymphatic vessels in vivo[J]. Acta Biomaterialia, 2017, 63: 246-260.

(上接第 164 页)

- [5] 李俊伟. 基于机器视觉技术的新疆鲜葡萄及葡萄干品质分析研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2014: 1-2.
- [6] 李少昆, 王崇桃. 图象及机器视觉技术在作物科学中的应用进展[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2002(1): 79-86.
- [7] 刘立波, 周国民. 基于图像评价的灯箱最佳成像环境因素确定方法[J]. 计算机应用研究, 2009, 26(12): 4 836-4 838.
- [8] ZABAWA L, KICHERER A, KLINGBEIL L, et al. Counting of grapevine berries in images via semantic segmentation using convolutional neural networks[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2020, 164: 73-83.
- [9] 邱津怡, 罗俊, 李秀, 等. 基于卷积神经网络的多尺度葡萄图像识别方法[J]. 计算机应用, 2019, 39(10): 2 930-2 936.
- [10] 刘智杭, 于鸣, 任洪娥. 基于改进 K 均值聚类的葡萄果穗图像分割[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(24): 239-244.
- [11] 邵雪, 曾台英, 汪祖辉. 一种基于 NIQE 的印刷图像无参考质量评价方法[J]. 包装学报, 2016, 8(4): 35-39.
- [12] 邱园红. 基于机器视觉的产品在线质检图像质量评估及视觉系统参数优化[D]. 武汉: 华中科技大学, 2017: 2-3.
- [13] 刘立波, 周国民. 人眼视觉特性在植物叶片图像提取中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(19): 22-25, 30.
- [14] 孙翠霞, 刘有耀. 客观图像质量评价[J]. 计算机与数字工程, 2019, 47(9): 2 290-2 294.
- [15] 郭曙光. 远程印刷传输中印刷图像压缩方法研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2006: 31-32.

信息窗

欧盟评估一种食品酶的安全性

据了解,这种食品酶包含来自猪胰腺中的胰蛋白酶、胰凝乳蛋白酶、胰弹性蛋白酶和羧肽酶 B,旨在用于水解乳清蛋白,用作婴儿配方食品、后续配方食品和特殊医疗用途食品(管饲)的成分。

经过评估,专家小组认为,不能排除婴儿在食用水解乳制得的产品后对该食物酶产生过敏性致敏的风

险,但认为可能性很低。根据动物可食用部位食物酶的来源、申请人提供的数据以及对基于胰酶的制剂进行临床研究评估的支持下,专家小组得出结论,在预期的使用条件下,猪胰酶不会引起安全性问题。

(来源: <http://news.foodmate.net>)