

# 基于 Seed Identification 软件的棉籽机器视觉快速精选

彭江南<sup>1</sup>, 谢宗铭<sup>2</sup>, 杨丽明<sup>3</sup>, 孙宝启<sup>1,4</sup>, 王建华<sup>1</sup>, 孙群<sup>1\*</sup>

(1. 中国农业大学农学与生物技术学院植物遗传育种学系/北京市作物遗传改良重点实验室, 北京 100193;

2. 新疆农垦科学院分子农业技术育种中心, 新疆石河子, 832000; 3. 中国农业大学理学院, 北京 100083;

4. 北京市农林科学院, 北京 100097)

**摘要:** 为了研究 Seed Identification 软件在棉花种子加工工艺和精选参数选择上应用的可行性, 以鲁棉 28 酸脱绒棉籽为材料, 通过扫描仪获取 400 粒棉籽的 PNG 图像, 利用 Seed Identification 软件快速提取图像中棉籽的 RGB、Lab、HSB、灰度、长度、宽度和投影面积等物理指标, 通过卷纸发芽获得每颗幼苗鲜质量作为种子的活力指标, 种子物理指标与种子活力的相关性分析表明: 幼苗鲜质量与 R、S、B (HSB)、b、宽度、长度、投影面积的相关系数均达到 0.05 显著水平。按  $R < 90$ 、 $S \leq 18$ 、 $B(\text{HSB}) \leq 36$ 、 $b \leq 4$ 、宽度  $> 4 \text{ mm}$ 、长度  $> 7.2 \text{ mm}$ 、投影面积  $\geq 25 \text{ mm}^2$  对种子进行精选, 发芽率可由原来的 89% 分别提高到 96.1%、95.1%、95.1%、95.3%、93.1%、93.5%、94.4%, 获选率分别为 96.6%、99.2%、98.9%、97.8%、98.6%、97%、94.7%。验证试验将种子按以上指标精选后, 发芽率分别为 95.1%、95.1%、94.8%、94.8%、94.4%、94.4%、94.8%。该研究为基于机器视觉技术对脱绒棉种实施快速、有效精选提供了理论依据。

**关键词:** 种子, 分选, 棉花, 种子物理指标, 种子活力, Seed Identification 软件

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2013.23.020

中图分类号: S121; S126

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2013)-23-0147-06

彭江南, 谢宗铭, 杨丽明, 等. 基于 Seed Identification 软件的棉籽机器视觉快速精选[J]. 农业工程学报, 2013, 29(23): 147-152.

Peng Jiangnan, Xie Zongming, Yang Liming, et al. Quickly selection for cotton seed based on Seed Identification Software[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2013, 29(23): 147-152. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

棉种是棉花生产最基本的生产资料, 棉种的质量直接决定棉花的产量。棉种中红色、黄色、白色籽的种子由于成熟度低, 生活力低下。目前中国棉花种子主要采用风筛选、比重选和色选等进行清选、除杂<sup>[1-2]</sup>。种子加工行业并没有对特定批次、特定品种的种子特性进行提前分析, 因此无法提前确认种子最适宜的加工工艺和加工参数, 工作人员大多凭经验操作, 一是造成种子的浪费和损伤, 二是造成风筛选、比重选、色选加工机械没有达到最佳的分选效果。

机器视觉技术是近几十年来发展起来的一门

智能技术, 它在大批量的产品检验、分级中, 能够起到快速、准确、无损等人工无法比拟的效果<sup>[3-4]</sup>。棉种种皮颜色不同是成熟棉种与不成熟棉种最大的外观差别。棉种大小、形状等指标可以直接进行定量分析, 但种皮颜色属于定性分析指标, 人工肉眼区分虽然准确, 但无法形成统一的标准且人工消耗量大, 很难进行标准化<sup>[5]</sup>。利用机器视觉技术, 通过工具软件对扫描棉种图像的不同颜色模型下的颜色值、大小等进行提取分析, 将颜色、大小等信息定量表达出来, 就很容易得到统一的标准。

研究表明种皮颜色和种子大小与种子活力之间相关关系显著<sup>[6-8]</sup>。Zayas I Y 等<sup>[9]</sup>将图像分析技术运用到小麦硬度物理测量上, 研究了小麦分级和品种纯度识别方法, 从拍摄的小麦数字图像中提取形态度量参数, 在检验的 17 个品种中, 识别率达 94%; Hofmaster 等<sup>[10]</sup>将计算机图像处理技术应有到大豆幼苗的识别上, 开发了大豆种子活力评价系统, 测定大豆种子的活力水平; 展慧等<sup>[11]</sup>提取了板栗颜色及纹理等 8 个特征值, 利用 BP 神经网络方法建立了板栗分级模型。张学昆、李加纳等<sup>[12-15]</sup>以甘蓝型油菜为研究对象, 对不同种皮的油菜发育特性、遗

收稿日期: 2013-07-11 修订日期: 2013-10-20

基金项目: 新疆生产建设兵团“十二五”项目 (2012BB046); 公益性行业(农业)科研专项项目 (201303002)

作者简介: 彭江南 (1988—), 男, 安徽安庆人, 主要从事种子加工检验方面的研究。北京 中国农业大学农学与生物技术学院, 100193。

Email: pengjiangnan2012@163.com

\*通信作者: 孙群 (1971—), 女, 山东莱阳人, 博士, 副教授, 博导, 主要从事种子加工检验研究。北京 中国农业大学农学与生物技术学院, 100193。Email: sqcau@126.com

传特性、含油量等进行了研究,结果表明甘蓝型油菜的这些指标和种皮颜色之间存在密切关系。

张若宇等<sup>[16]</sup>从数码相机拍摄的种子图片中提取棉种表面颜色特征,结合发芽试验,通过线性拟合和回归分析,建立了脱绒棉种质量的颜色特征估算模型,结果表明基于  $R/(R+G+B)$ 、 $G/(R+G+B)$ 、 $(R-G-B)/(R+G)$  4 个参数建立的回归模型决定系数分别为 0.6949 和 0.7148,通过了  $p=0.01$  级显著性水平。

本文利用 Seed Identification 软件提取棉籽的相关物理信息,标准发芽试验得到的幼苗鲜质量作为棉籽的活力指标,通过相关性分析,筛选出可应用于棉种精选的物理指标及相关参数,以期对脱绒棉种单粒精选提供理论依据。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 仪器设备及工具软件

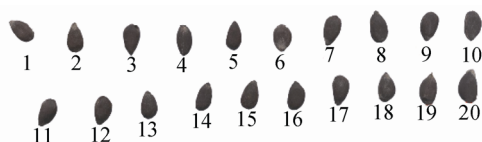
图像采集:清华紫光 e53 型扫描仪;数据处理软件:IBM SPSS Statistics 20、Excel 2010;图像处理软件:Photoshop cs5、本实验室自行开发的 Seed Identification 软件。Seed Identification 为从事种子科研和生产的人员提供的一款自动化记录种子属性的种子识别软件。本软件可自动批量记录种子的编号、RGB 值、Lab 值、HSB 值、灰度值、长度、宽度、投影面积等信息。



a. 扫描的棉种图像  
a. Scanned image of cotton seeds



b. 预处理后棉种图像  
b. Preprocessed image of cotton seeds



c. Seed Identification 识别种子并提取特征参数  
c. Extracting cottonseed characteristics by Seed Identification software  
图 1 棉种特征参数提取图像

Fig.1 Characteristics extraction of cotton seeds

RGB 值:是红色(red)、绿色(green)和蓝色(blue)3种基色,每个色阶值是从0(黑色)到255(白色)的亮度值;Lab值:L为亮度,取值范围是0(黑色)~100(白色);a表示从红色到绿

色的范围,b表示从蓝色到黄色的范围,a和b的取值范围均为-120~120;HSB值:色相(hue)代表不同波长的光谱值,范围为0~360,其中0和360为红色,每隔60依次为黄色、绿色、青色、蓝色、品红色;饱和度(saturation)代表颜色的深浅,取值范围为0~100;亮度(brightness)代表颜色的明暗程度,取值范围为0~100。

灰度值:图像每个像素的灰度值为0~255的亮度值,也可以用黑色油墨覆盖的百分比(0~100%)来表示;种子长度:种子的最长距离;种子宽度:与种子最长距离垂直的种子最宽距离;种子投影面积:立体种子投影在扫描板的表面积;二值化阈值:根据种子颜色与扫描背景的容差进行调整。

### 1.2 试验步骤

1) 试验材料:鲁棉28号,酸脱绒种子,未经精选。

2) 图像扫描:随机选取400粒棉种,按行摆放在清华紫光e53型扫描仪玻璃板上,每行10粒,每张图片摆10行,分辨率300 dpi,背景颜色为白色,图片保存为.png格式。

3) 图像预处理:在photoshop cs5中打开图片,裁去图片边缘,用魔术棒工具去除图像中种子背景,以确保Seed Identification对种子的识别更加精确。

4) 颜色特征参数的提取:在Seed Identification软件中打开预处理后的图片,设置取样大小15\*15,字体大小12,字体偏移量20\*30。点击识别按钮测出图像中每粒种子的RGB、HSB、Lab、灰度、长度、宽度、投影面积值。导出并保存到Excel工作表。

5) 发芽试验:将扫描后的种子按顺序排号,并在5%的NaClO<sub>3</sub>溶液中浸泡5 min,去离子水洗涤3次后,25℃下进行卷纸发芽试验。第12天测发芽率<sup>[17]</sup>,根据幼苗鉴定手册,将试验中的棉种分为优质种子(能发育成正常幼苗的种子)、劣质种子(发育的幼苗为不正常幼苗的种子)、死种子(不能发芽的种子),并测量每株幼苗鲜质量,未发芽种子单独标记。

6) 数据处理:通过SPSS Statistics 20软件,运用单因素方差分析和相关分析对棉种物理指标和发芽参数进行分析处理。对能用于精选的指标,按每一指标参数值大小分级,计算每一级优质种子数、发芽率和获选率。根据发芽和获选情况对种子进行精选,确定精选参数。文中获选率为精选后的优质种子粒数占原样中优质种子粒数百分数。

7) 验证试验:随机选取鲁棉28号种子,根据上述试验确定的指标及参数对种子进行精选,与试验相同发芽条件下进行发芽试验,计算精选后种子的发芽率。

## 2 结果分析与讨论

### 2.1 棉种间特征指标差异性比较

在棉种发芽试验中，通过幼苗鉴定对棉种质量定性表达，再结合每粒棉种的特征参数进行单因素方差分析，判别这些特征指标在棉种质量上的差异性是否显著。从表 1 可以看出，棉种的  $R$ 、 $G$ 、 $B$  (RGB)、 $B$  (HSB)、 $L$ 、 $b$ 、灰度、宽度在不同品质棉种中的差异均达到了极显著水平 ( $p=0.01$ )；棉种的  $S$ 、 $a$ 、长度、投影面积在各棉种中的差异均达到了显著性水平 ( $p=0.05$ )。因此，利用  $R$ 、 $G$ 、 $B$  (RGB)、 $S$ 、 $B$  (HSB)、 $L$ 、 $a$ 、 $b$  (Lab)、灰度、宽度、长度、投影面积这些指标对棉种进行精选，在统计学上是有意义的。

表 1 棉种质量与特征指标之间的方差分析  
Table 1 Variance analysis of characteristics among high quality seeds, low quality seeds and dead seeds

	优质种子 High quality seeds	劣质种子 Low quality seeds	死种子 Dead seeds
种子粒数 Seeds amount	356	20	24
$R$	77.57Aa	123.55Bb	107.79Cc
$G$	71.64Aa	108.70Bb	94.08Cc
$B$ (RGB)	69.28Aa	95.70Bb	85.21Cc
$H$	26.75a	24.85a	20.63a
$S$	10.61Aa	20.15Bb	19.33Bc
$B$ (HSB)	30.42Aa	48.40Bb	42.33Cc
$L$	30.95Aa	46.70Bb	40.92Cc
$a$	2.30Aa	4.50Bb	4.71Bc
$b$	2.37Aa	9.40Bb	7.17Cc
灰度 Gray	72.70Aa	111.20Bb	96.75Cc
宽度 Width	4.06Aa	4.86Bb	4.44Cc
长度 Length	8.28Aa	7.30Bb	7.56Bc
投影面积 Projected area	29.93Aa	22.78Bb	24.80Bc

注：小写字母表示在 0.05 水平差异显著，大写字母表示在 0.01 水平差异显著。 $R$ 、 $G$ 、 $B$  分别表示红色、绿色和蓝色 3 种基色； $L$  为亮度， $a$  表示从红色到绿色的范围， $b$  表示从蓝色到黄色的范围； $H$ 、 $S$ 、 $B$  值：分别代表不同波长的光谱值。下同。

Note:  $R$ ,  $G$ ,  $B$  express red, green, blue especially,  $L$  is light intensity,  $a$  is the range from red to blue,  $b$  is the range from blue to yellow.  $H$ ,  $S$ ,  $B$  express the spectrum value of different wave length. Small letters mean significant at 0.05 level, capital letters mean significant at 0.01 level.

### 2.2 棉种活力与其特征指标的相关性分析

对棉种的每一特征指标与棉种发芽后幼苗的鲜质量进行相关性分析，结果见表 2。可以看出，幼苗鲜质量与棉种的  $H$ 、 $b$  (Lab)、宽度、长度、投影面积高度相关并达到了极显著性水平 ( $p=0.01$ )，与  $R$ 、 $S$  和  $B$  (HSB) 值呈负显著性相关关系 ( $p=0.05$ )。结合变异系数可以得出，基于  $R$ 、 $H$ 、 $S$ 、 $B$  (HSB)、 $b$  (Lab)、宽度、长度、投影面积对棉种按活力进行精选是具有统计学意义的。

表 2 棉种特征参数与活力相关性分析  
Table 2 Correlation analysis between cottonseed characteristics and seed vigor

	最小值 Minimum	最大值 Maximum	变异 系数 CV	鲜质量 Fresh weight
$R$	62	181	0.21	-0.13*
$G$	59	165	0.19	-0.08
$B$ (RGB)	57	144	0.15	-0.06
$H$	0	353	1.92	0.18**
$S$	0	32	0.45	-0.14*
$B$ (HSB)	24	71	0.21	-0.12*
$L$	25	69	0.19	-0.08
$a$	-1	9	0.64	-0.09
$b$	-2	18	0.94	-0.15**
灰度 Gray	59	167	0.19	-0.09
宽度 Width/mm	2.95	6.41	0.10	0.28**
长度 Length/mm	5.03	9.89	0.08	0.17**
投影面积 Projected area/mm <sup>2</sup>	11.94	39.38	0.14	0.35**

注：\*表示 0.05 水平的显著相关，\*\*表示 0.01 水平的极显著相关。  
Note: \* means significant at 0.05 level, \*\* means significant at 0.01 level.

### 2.3 基于棉种特征参数对棉种进行精选

结合 2.1 和 2.2 的结论，将棉种按既在不同质量间差异显著又与棉种活力相关性显著的参数  $R$ 、 $S$ 、 $B$  (HSB)、 $b$  (Lab)、宽度、长度和投影面积进行精选。从表 3 中可以看出，将棉种按其  $R$  值大小分类，随着  $R$  的增大，发芽率降低，综合不同  $R$  值区间种子发芽获选情况，按  $R < 90$  对棉种进行精选，棉种的发芽率由 89% 提升到了 96.1%，获选率为 96.6%。按  $S \leq 18$  精选，发芽率由 89% 提高到 95.1%，获选率 99.2%；按  $B$  (HSB)  $\leq 36$  精选，发芽率提高到了 95.1%，获选率 98.9%；按  $b$  (Lab)  $\leq 4$  精选，发芽率提高到了 95.3%，获选率 97.8%；按宽度  $> 4$  精选，发芽率提高到了 93.1%，获选率为 98.6%；按长度  $> 7.2$  精选，发芽率提高到 93.5%，获选率为 97%；按投影面积  $\geq 25$  精选，发芽率提高到 94.4%，获选率 94.7%。可以看出用这些指标对棉种进行精选都得到了很好的精选效果。

### 2.4 精选指标间相关性分析

由 2.3 结论可以看出， $R$ 、 $S$ 、 $B$  (HSB)、 $b$  (Lab)、宽度、长度、投影面积都可以作为棉种精选指标。表 4 分析了这些指标间的相关性，结果显示：上述任意 2 指标间都存在着极显著相关性。表明选用基于 Seed Identification 软件所得到  $R$ 、 $S$ 、 $B$  (HSB)、 $b$  (Lab)、宽度、长度、投影面积中任意指标都可以对棉种进行精选。生产中可根据实际生产条件和需求选择指标和参数。

表 3 棉种按指标精选  
Table 3 Cottonseed selection based on seed characteristics

		种子粒数 Seed amount	优质种子数 High quality seeds	劣质种子数 Low quality seeds	死种子数 Dead seeds	发芽率 Germination percentage/%	获选率 Selected rates/%
种子数 Seeds amount		400	356	20	24	89	
<i>R</i>	≤70	29	29	0	0	100	
	71~80	248	237	6	5	95.6	
	81~90	87	81	0	6	93.1	
	91~100	10	7	2	1	70	
	>100	26	2	12	12	7.7	
	<90 精选 Selection	358	344	6	8	96.1	96.6
<i>S</i>	0~5	26	25	1	0	96.2	
	6~10	154	144	5	5	93.5	
	11~15	164	161	1	2	98.2	
	16~20	32	25	1	6	78.1	
	>20	24	1	12	11	4.2	
	≤18 精选 Selection	371	353	8	10	95.1	99.2
<i>B</i> (HSB)	≤34	349	335	6	8	96	
	34~44	28	20	2	6	71.4	
	>44	23	1	12	10	4.3	
	≤36 精选 Selection	370	352	6	11	95.1	98.9
<i>b</i>	≤2	183	173	5	5	94.5	
	3	153	149	2	2	97.4	
	4	29	26	1	2	89.7	
	>4	35	8	12	15	22.9	
	≤4 精选 Selection	365	348	8	9	95.3	97.8
宽度 Width/mm	≤4	23	5	11	7	21.7	
	4~5	265	245	7	13	92.5	
	5~6	103	98	1	4	95.1	
	>6	9	8	1	0	88.9	
	>4 精选 Selection	377	351	9	17	93.1	98.6
长度 Length/mm	≤7.2	31	11	11	9	35.5	
	7.2~8.2	153	139	5	9	90.8	
	8.2~9.2	204	194	4	6	95.1	
	>9.2	12	12	0	0	100	
	>7.2 精选 Selection	369	345	9	15	93.5	97
投影面积 Projected area/mm <sup>2</sup>	≤20	17	1	10	6	5.9	
	20~25	26	18	2	6	69.2	
	25~30	176	167	3	6	94.9	
	30~35	154	143	5	6	92.9	
	>35	27	27	0	0	100	
	≥25 精选 Selection	357	337	8	12	94.4	94.7

表 4 精选指标间相关性分析  
Table 4 Correlation analysis between characteristics of selected cotton seed

	<i>R</i>	<i>S</i>	<i>B</i> (HSB)	<i>b</i>	宽度 Width	长度 Length	投影面积 Projected area
<i>R</i>	1	0.734**	0.999**	0.895**	-0.545**	-0.512**	-0.618**
<i>S</i>		1	0.732**	0.860**	-0.486**	-0.402**	-0.535**
<i>B</i> (HSB)			1	0.892**	-0.541**	-0.510**	-0.614**
<i>b</i>				1	-0.574**	-0.495**	-0.632**
宽度 Width					1	0.339**	0.831**
长度 Length						1	0.780**
投影面积 Projected area							1

注: \*\*表示在 0.01 水平上显著相关。  
Note: \*\* means significant at 0.01 level.

2.5 基于特征参数的鲁棉 28 号验证试验

随机选取同一批次鲁棉 28 号的种子, 分别按 *R*

<90、*S*≤18、*B*(HSB)≤36、*b*≤4、宽度>4 mm、长度>7.2 mm、投影面积≥25 mm<sup>2</sup> 对种子进行精

选, 每一指标精选 300 粒, 相同条件下进行发芽试验, 结果表明: 精选后的种子发芽率分别为 95.1%、95.1%、94.8%、94.8%、94.4%、94.4%、94.8%。试验误差分别为 1%、0、0.3%、0.5%、1.3%、0.9%、0.4%。试验误差在允许范围内, 表明鲁棉 28 号按这些指标进行精选都能取得很好的精选效果。

### 3 结论与讨论

本试验首先通过 Seed Identification 软件对鲁棉 28 号棉籽的物理指标进行计算机提取, 再通过发芽试验对确定种子活力, 然后对棉种物理指标和种子活力的相关性进行了分析, 探讨了根据不同物理指标按活力对种子进行精选的效果。主要研究结论如下:

1) 基于 Seed Identification 软件从脱绒棉种.PNG 图像中提取的指标  $R$ 、 $S$ 、 $B$  (HSB)、 $b$ 、宽度、长度和投影面积与棉种活力之间都存在着显著或极显著的相关性。

2) 按  $R < 90$ 、 $S \leq 18$ 、 $B(\text{HSB}) \leq 36$ 、 $b \leq 4$ 、宽度  $> 4 \text{ mm}$ 、长度  $> 7.2 \text{ mm}$ 、投影面积  $\geq 25 \text{ mm}^2$  对酸脱绒棉种鲁棉 28 号进行精选, 种子发芽率能由 89% 分别提高到 96.1%、95.1%、95.1%、95.3%、93.1%、93.5%、94.4%。其中按  $R < 90$  精选, 发芽率由 89% 提高到了 96.1%, 精选效果最好。

将种子的物理特性通过计算机图像技术自动提取, 然后根据这些指标与种子活力的相关性, 确定种子加工精选时的相关参数, 对于实现种子精选的自动化和精准化具有重要意义。同一作物的不同品种, 同一品种的不同批次种子在物理特性方面均存在或多或少的差异。如何在对大批量种子进行加工精选之前, 就确定其加工工艺, 确定各加工机械的相关参数 (如筛孔的尺寸、色选指标等), 在生产上一直没有得到很好的解决。目前中国在对种子进行精选前, 多是根据经验来确定种子加工工艺流程和相关参数, 然后成吨的种子进入加工流水线, 第一批种子加工出来后再根据加工效果对各相关参数进行调整。国外公司为了减少参数调整过程中对种子的损伤以及因此造成的种子损失, 一般先采用小型的种子加工机械进行预加工, 确定工艺流程以及相关参数后, 再调整加工流水线上的相关参数, 而这种过程也需要反复多次进行。采用种子形态自动化识别软件 Seed Identification 可以快速提取种子的相关物理特性, 然后跟种子活力相结合, 可以在大批种子进行加工之前就确定其加工工艺和相关的选择参数, 尽可能地减少种子损伤与损失, 提高精选效果。

试验结果表明种子投影面积与种子活力相关性较高, 但在传统的种子加工设备中并没有根据种子投影面积对种子进行分选的加工设备。因此在此

建议相关种子加工机械制造企业可以试研究相应的精选设备, 种子投影面积可通过成像技术快速获取, 因此技术上不存在问题。

### 【参 考 文 献】

- [1] 李景彬. 棉种色选装置的光电系统研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2006.  
Li Jingbin. Study on the Optical Electricity Checking System of the Cottonseeds Color Sorting Equipment[D]. Shihezi University, 2006. (in Chinese with English abstract)
- [2] 张若宇, 坎杂, 江英兰, 等. 农业机器人在新疆兵团农业生产中的应用前瞻[J]. 农机化研究, 2006(9): 31.  
Zhang Ruoyu, Kan Za, Jiang Yinglan, et al. The forecast of agricultural robots application in xinjiang production and construction corps agricultural production[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006(9): 31. (in Chinese with English abstract)
- [3] 应义斌, 饶秀勤, 赵匀, 等. 机器视觉技术在农产品品质自动识别中的应用[J]. 农业工程学报, 2000, 16(1): 103—108.  
Ying Yibin, Rao Xiuqin, Zhao Yun, et al. Application of machine vision technique to quality automatic identification of agricultural products[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2000, 16(1): 103—108. (in Chinese with English abstract)
- [4] 应义斌, 饶秀勤, 赵匀, 等. 机器视觉技术在农产品品质自动识别中的应用研究进展[J]. 农业工程学报, 2000, 16(3): 4—8.  
Ying Yibin, Rao Xiuqin, Zhao Yun, et al. Advance on application of machine vision technique to automatic quality identification of agricultural products[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2000, 16(3): 4—8. (in Chinese with English abstract)
- [5] 李景彬, 坎杂. 颜色模型在脱绒棉种检测分级中的应用[J]. 石河子大学学报, 2008, 26(4): 507—510.  
Li Jingbin, Kan Za. The application of color model in checking and classifying cottonseeds[J]. Journal of Shihezi University, 2008, 26(4): 507—510. (in Chinese with English abstract)
- [6] Zareian A, Hamidi A, Sadeghi H, et al. Effect of seed size on some germination characteristics, seedling emergence percentage and yield of three wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in laboratory and field[J]. Middle-East Journal of Scientific Research, 2013, 13(8): 1126—1131.
- [7] 张晓洁, 隋洁, 胡苏汶. 棉花种子成熟度与活力状况分析[J]. 中国棉花, 2004(12): 6—7.  
Zhang Xiaojie, Sui Jie, Hu Suwen. Analysis on the maturity and viability of cotton seeds[J]. China Cotton, 2004(12): 6-7. (in Chinese with English abstract)
- [8] Saedi G. The effect of temperature, seed colour and linolenic acid concentration on germination and seed vigour in flax[J]. Can J Plant Sci, 1999, 79(3): 315—319.
- [9] Zayas I Y, Flinn P W. Detection of insects in bulk wheat samples with machine vision[J]. Trans. of the ASAE, 1998, 41(3): 883—888.
- [10] Hofmaster A L, Fujimura K, McDonald M B, et al. An automated system for vigor testing three-day-old soybean seedlings[J]. Seed Sci and Technology, 2003, 31(3): 701—713.

- [11] 展慧, 李小昱, 王为, 等. 基于机器视觉的板栗分级检测方法[J]. 农业工程学报, 2010, 26(4): 327—331. Zhan Hui, Li Xiaoyu, Wang Wei, et al. Determination of chestnuts grading based on machine vision[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(4): 327—331. (in Chinese with English abstract)
- [12] Zhang Xuekun, Yang Guitang, Li Jiana, et al. Physiological differences between yellow-seeded and black-seeded rapeseed (*Brassica napus* L.) with different testa characteristics during artificial ageing[J]. Seed Science and Technology, 2006, 34(2): 395—403.
- [13] Zhang Xuekun, Yang Guitang, Li Jiana, et al. Genetic diversity of RAPD marker and testa pigments of yellowseeded rapeseed (*Brassica napus* L.)[J]. Agricultural Sciences in China, 2003, 36(7): 752—756.
- [14] Liang Y, Li J N. Relationship of the color formation and related enzymes and protein content of the spermodermis in *brassica napus*[J]. Sci Agric Sin, 2004, 37(4): 522—527.
- [15] 张子龙, 陶士珩, 李加纳. 甘蓝型黄籽油菜与黑籽油菜苗期生理特性的比较研究[J]. 作物学报, 2007, 33(5): 837—872. Zhang Zilong, Tao Shiheng, Li Jiana. A comparative study on physiological characteristics during seedling stage in yellow-seeded and black-seeded rapeseed (*Brassica napus* L.)[J]. Acta Agronomica Sinica, 2007, 33(5): 837—872. (in Chinese with English abstract)
- [16] 张若宇, 坎杂, 马蓉, 等. 基于 RGB 模型的脱绒棉种颜色特征与发芽状况的关系[J]. 农业工程学报, 2010, 26(10): 172—177. Zhang Ruoyu, Kan Za, Ma Rong, et al. Relationship between color features and germination of delinted cottonseed based on RGB color model[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(10): 172—177. (in Chinese with English abstract)
- [17] GB/T3543.1~3543.7—1995, 中华人民共和国国家标准 农作物种子检验规程[S].

## Quickly selection for cotton seed based on Seed Identification Software

Peng Jiangnan<sup>1</sup>, Xie Zongming<sup>2</sup>, Yang Liming<sup>3</sup>, Sun Baoqi<sup>1,4</sup>, Wang Jianhua<sup>1</sup>, Sun Qun<sup>1\*</sup>

(1. Department of Plant Genetics and Breeding, College of Agriculture and Biotechnology, China Agricultural University/Beijing Key Laboratory of Crop Genetic Improvement, Beijing 100193, China; 2. Center for Molecular Agrobiotechnology and Breeding, Xinjiang Academy of Agricultural and Reclamation Science, Shihezi 832000, China; 3. College of Science, China Agricultural University, Beijing 100083, China; 4. Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

**Abstract:** In this paper, the correlation between the physical traits and seed vigor of delinted cotton seed (Lu Mian 28) was analyzed. The PNG format images of 400 cotton seeds were acquired with flatbed scanner, and the color features of cotton seed such as RGB, HSB, Lab, gray scale, and width, length and projected area were extracted automatically and quickly using seed identification software developed by our lab. Our seed identification software can identify the image and record related seed physical information, and then output all the information into an Excel file automatically. The identifying results were achieved in 1 second, very quickly, with errors lower than 2%. The germination experiment was performed to get seedling fresh weight as seed vigor. Data analysis showed that R, H, S, B (HSB), b, width, length, and projected area had a relatively high coefficient of variation (more than 0.1) during the sample. Correlation analysis showed that R, S, B (HSB), b, width, length, and projected area were all significantly correlated with a seedling's fresh weight. The correlation coefficients (*R*) were -0.128, -0.143, -0.121, -0.151, 0.283, 0.173, and 0.346 respectively. Cotton seeds of  $R < 90$ ,  $S \leq 18$ ,  $B(\text{HSB}) \leq 36$ ,  $b \leq 4$ , width  $> 4\text{ mm}$ , length  $> 7.2\text{ mm}$ , seed projected area  $\geq 25\text{ mm}^2$  were selected respectively, and the seed germination rate was improved from 89% to 96.1%, 95.1%, 95.1%, 95.3%, 93.1%, 93.5% and 94.4%, and the selected rates of high quality seeds were 96.6%, 99.2%, 98.9%, 97.8%, 98.6%, 97%, and 94.7%, respectively. The verification test selected cotton seeds based on the physical traits and selected parameters described above, and the germination rate of seeds with  $R < 90$ ,  $S \leq 18$ ,  $B(\text{HSB}) \leq 36$ ,  $b \leq 4$ , width  $> 4\text{ mm}$ , length  $> 7.2\text{ mm}$ , seed projected area  $\geq 25\text{ mm}^2$  reached 95.1%, 95.1%, 94.8%, 94.8%, 94.4%, 94.4% and 94.8%, respectively. Therefore, we could deduce that this seed identification software could be applied to the selection of seed processing technology and the parameter determination of single delinted cotton seed according to seed vigor. The result has great importance for improving the seed processing level of China. In addition, our experiment confirmed that the seed projected area had a higher correlation with seed vigor compared to seed width and length. The reason may be that the projected area combined the information of seed width and seed length. But until now, there have been no related seed processing machines which could select seeds according to the seed projected area. This kind of seed machine is suggested to be developed as soon as possible.

**Key words:** seed, separation, cotton, seed physical traits, seed vigor, Seed Identification software

(责任编辑: 刘丽英)