

计算机图像识别技术在小麦种子精选中的应用

贾佳¹ 王建华¹ 谢宗铭² 杨丽明³ 孙宝启^{1,4} 孙群^{1*}

(1. 中国农业大学 农学与生物技术学院/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 以农大 399 小麦种子为试验材料,通过图像识别技术获取单粒小麦种子的形态物理指标,拟通过研究这些形态物理参数与小麦种子活力的相关性,为图像识别技术在作物种子加工工艺和参数精确选择提供参考。首先采用平板扫描仪获取单粒小麦种子的 PNG 图像,采用本实验室自主开发的种子形态自动化识别软件自动提取单粒种子(400 粒)的 RGB、Lab、HSB、长度、宽度和投影面积等形态物理指标,然后进行垂直玻璃板发芽试验,以发芽第 5 天的幼苗长度、鲜重和简易活力指数作为种子质量指标,相关分析结果表明:农大 399 小麦种子的幼苗鲜重与种子投影面积、长度和宽度的相关系数分别为 0.45、0.40 和 0.37,均达到显著相关。将种子按投影面积、长度和宽度进行分组,实验结果表明幼苗鲜重和简易活力指数随着种子投影面积、宽度和长度的增加而增加,且达到极显著差异水平,生产上可以根据对种子质量或数量的需求灵活设置相关加工参数。

关键词 小麦;种子形态自动化识别软件;种子形态物理特性;种子精选;种子活力

中图分类号 S 121; S 512

文章编号 1007-4333(2014)05-0180-07

文献标志码 A

Wheat seeds selection based on computer image recognition technique

JIA Jia¹, WANG Jian-hua¹, XIE Zong-ming², YANG Li-ming³, SUN Bao-qi⁴, SUN Qun^{1*}

(1. College of Agronomy and Biotechnology/Beijing Key Laboratory of Crop Genetics Improvement, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. Center for Molecular Agro-biotechnology and Breeding, Xinjiang Academy of Agricultural and Reclamation Sciences, 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 study, the correlation between the physical traits and seed vigor of wheat seed (Nongda 399) was analyzed, several morphological and physical traits was captured with image recognition technology. The objective of this research was to test the feasibility on selection of wheat seeds processing technology and the parameter of Seed Identification software developed by our lab. The PNG format images of 400 wheat seeds were acquired with flatbed scanner, and the color features of wheat seed such as RGB, HSB, Lab, gray scale, and width, length and projected area were extracted automatically and quickly with the software. The Seed Identification software could identify the image and record related seed physical information, and then output all the information into an Excel file automatically. The identifying results could be achieved in 1 second, very quickly, with errors lower than 2%. Seedling length, fresh weight after 5-day germination and simple vigor index were used as the indicators of seed quality. The results of correlation analysis showed that projected area, length and width were all significantly correlated with seedling's fresh weight. The correlation coefficients were 0.45, 0.40 and 0.37 respectively. Wheat seeds were grouped into three intervals

收稿日期: 2014-01-07

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

第一作者: 贾佳, 硕士研究生, E-mail: 1046574194@qq.com

通讯作者: 孙群, 副教授, 博士, 主要从事种子加工检验研究, E-mail: sqcau@126.com

according to projected area, length and width, verification test results showed that seed vigor increased along with the increase of seed projection area, length and width. There was significant difference among different groups. Therefore, according to the market demands for seed quality or quantity, people could determine the optimum seed selection technology and parameters and get the high vigor seeds from a seed batch quickly and accurately.

Key words wheat; seed identification; seed morphological and physical traits; seed selection; seed vigor

种子活力是种子质量的一项重要指标,是决定种子或种子批在发芽和出苗期间活性水平和行为的种子特性的综合表现^[1]。主要表现在3个方面:1)种子发芽和幼苗生长的速度和整齐度;2)田间表现,包括出苗和生长的速度以及整齐度;3)储藏和运输后的表现,特别是发芽能力的保持。通过种子精选分级可以剔除不饱满的、虫蛀的或劣变的种子,可提高种子活力,提高田间出苗率和壮苗率。目前种子加工行业主要是根据种子的外形尺寸、种子比重、种子空气动力学特性和种子颜色等进行精选,相应的设备主要有风筛清选机、圆筒筛分级机、窝眼筒清选机、重力式清选机和色选机等^[2]。目前我国大型种子公司均建有配套的种子加工流水线,但种子加工工艺和参数的选择多靠经验来确定,存在很大主观因素。同一作物的不同品种、同一品种不同年份不同产地,种子的物理特性都会存在一定的差异,采用以往的经验对种子进行加工,由于种子加工流水线均为大型机械,对预加工的种子具有较高的数量要求,多次精选加工会对种子造成一定的损伤,这种方法比较费时费力,且达不到最佳精选效果。为了解决这个问题,国外的种子企业一般是采用电筛对拟精选分级的种子进行小批量预加工,通过检测加工后的效果调整相关参数,如筛孔尺寸等,该方法亦需要重复多次以确定最佳工艺和参数。因此取极少量种子样品,确定单粒种子形态物理指标与种子活力的相关性,从而进一步确定该批次种子适宜的加工工艺和加工参数的研究显得尤为重要。单粒种子的颜色、宽度、长度和厚度等指标如采用传统方法极为费时,计算机图像识别技术的发展则为快速检测单粒种子物理特性提供了可能。

计算机图像技术在通过检测幼苗活力来判断种子活力方面研究相对较多,如邓飞等^[3]采用计算机图像处理技术,用自主开发的幼苗长度分析软件测量幼苗长度,用幼苗长度来评估杉木和马尾松种子的活力;Tanaka等^[4]利用NIH软件测定了斜板发芽的玉米、大豆和水稻幼苗的根系长度,在玉米和大豆上取得了较好的效果,图像处理方法测定的长度

分别为其实际长度的81%和89%。而其测定时间只有手工直接测量的1/4~1/5;Hoffmaster等^[5]将计算机图像处理技术应用到生长3d的大豆幼苗上,开发了大豆种子活力自动评价系统,测定大豆种子的活力指数。陈兵旗等^[6]采用计算机视觉技术识别水稻种子的面积、宽度和长度比作为稻种类型的参数,以等价矩形长、宽的最小差值为标准,来判断水稻是否霉变,为水稻的精选提供了技术支撑。直接检测单粒种子的物理特性并与种子活力联系起来的研究相对很少。阚建文等^[7]利用平板扫描仪对种子进行扫描,发现用扫描仪获取种子图像不论是在精度上,还是在种子本身的影响方面,都能够满足种子外部特征数据自动采集的要求。张若宇等^[8]从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,建立了脱绒种子发芽的速度和棉种质量的特征估算模型,结果表明基于 $R/(R+G+B)$ 、 $G/(R+G+B)$ 、 $(R-G-B)/(R+G)$ 3个参数建立的回归模型决定系数分别为0.6949和0.7148,达到极显著性水平。荷兰Hoopan公司生产的iSeedCounter通过计算机图像识别技术可快速获取一批种子中宽度、长度和投影面积的分布范围,但没有精确到每一粒种子的物理特性的指标,且未对种子颜色进行识别获取。本实验室采用种子形态自动化识别软件在棉花种子的精选上取得了很好的效果,结果表明棉花幼苗鲜重与 R 、 S 、 B (HSB)、 b 、宽度、长度和投影面积的相关系数均达到0.05显著水平,按 $R \leq 90$ 、 $S \leq 18$ 、 B (HSB) ≤ 36 、 $b \leq 4$ 、宽度 > 4 mm、长度 > 7.2 mm、投影面积 ≥ 25 mm²对种子进行精选,发芽率均可由原来的89%提高到95%左右^[9]。

本实验室自主开发的种子形态自动化识别软件(软件著作权号:2013SRBJ0528)可自动获取单粒种子的颜色(RGB、Lab、HSB)、宽度、长度和投影面积等相关信息,本研究拟通过研究这些形态物理参数与小麦种子活力的相关性,为图像识别技术在作物种子加工工艺和参数精确选择方面提供参考。

1 材料与方法

1.1 仪器设备及工具软件

图像采集:清华紫光 D6810 型扫描仪。

数据处理软件:IBM SPSS Statistics 17.0 和 Excel 2007。

图像处理软件:Photoshop cs5 和本实验室自主开发的种子形态自动化识别软件(Seed identification)。

Seed identification 软件是为从事种子科研和生产的人员开发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序号、RGB 值、Lab 值、HSB 值、灰度值、长度、宽度和投影面积等信息,误差 $\leq 2\%$,数据识别响应时间低于 2 s。

1.2 试验材料

农大 399 小麦种子,2013 年 6 月收获,由中国农业大学农学与生物技术学院小麦组提供。

1.3 试验方法

1.3.1 图像扫描

随机选取 400 粒小麦种子,按行摆放在清华紫光 D6810 型扫描仪玻璃板上,每行 10 粒,每张图片摆 10 行,分辨率 300 dpi,背景颜色为黑色,图片保存为 .png 格式(图 1),共扫描 4 次,每次 100 粒种子。

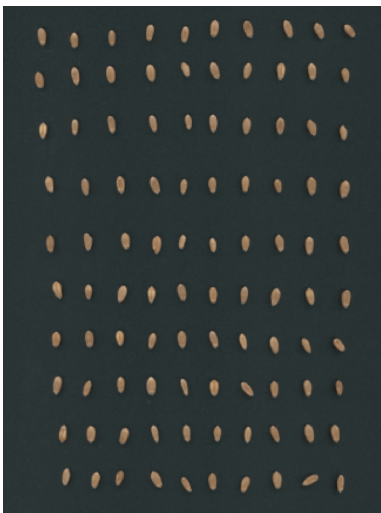


图 1 小麦种子扫描图片

Fig. 1 Scanning image of wheat seeds

1.3.2 图像预处理

用 Photoshop cs5 软件打开图片,用魔术棒工具去除图像中种子背景(图 2),以确保软件对种子轮廓的识别更加精确。

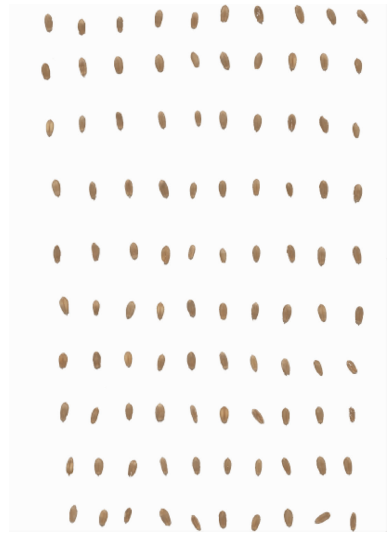


图 2 小麦种子去除背景图片

Fig. 2 Preprocessed image of wheat seeds

1.3.3 种子形态物理特征参数的提取

在 Seed Identification 软件中打开预处理后的图片,进行物理特性识别,包括每粒种子的 RGB、HSB、Lab、灰度、长度、宽度和投影面积值(图 3),数据导出并保存到 Excel 工作表,带序号种子图像可导出(图 4),扫描后每粒种子单独标记存放。

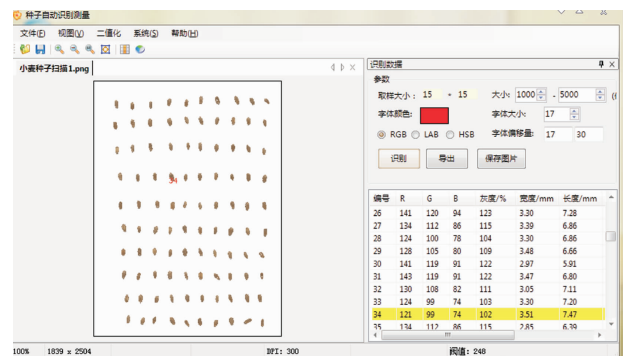


图 3 Seed Identification 软件用于小麦种子物理特性的识别

Fig. 3 Extracting wheat seed characteristics by Seed Identification software

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)~255(白色)的亮度值。

$$r = R / (R + G + B), g = G / (R + G + B), b = B / (R + G + B).$$

Lab 值:L 为亮度,取值 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

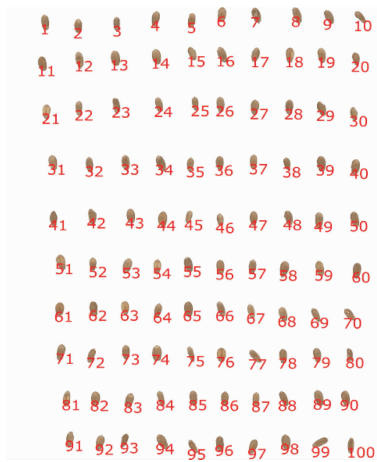


图4 小麦种子带序号输出图片

Fig. 4 Marking No. seeds image

范围, a 和 b 的取值均为 $-120 \sim 120$ 。

HSB值:色相(Hue)代表不同波长的光谱值,取值为 $0 \sim 360$,其中 0 和 360 为红色,每隔 60 依次为黄色、绿色、青色、蓝色和品红色;饱和度(Saturation)代表颜色的深浅,取值为 $0 \sim 100$;亮度(Brightness)代表颜色的明暗程度,取值为 $0 \sim 100$ 。

灰度值:图像每个像素的灰度值为 $0 \sim 255$ 的亮度值,也可以用黑色油墨覆盖的百分比($0\% \sim 100\%$)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。

1.3.4 种子垂直玻璃板发芽试验

将小麦种子用 $3\% \sim 5\%$ 的次氯酸钠溶液消毒 5 min ,消毒之后用蒸馏水清洗 $2 \sim 3$ 遍。然后采用垂直玻璃板发芽方法,将种子置于 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 的光照培养箱(型号:LRH-250-H)进行发芽。及时剔除腐烂种子,记录种子 DAP(days after planting),第 5 天测量幼苗的苗长和鲜重,并计算其简易活力指数。计算公式:

简易活力指数 = 发芽率 \times 幼苗平均鲜重

1.3.5 数据处理

通过 Excel 2007 和 SPSS 17.0 软件,运用单因

素方差分析和相关性分析对小麦种子的物理指标和幼苗参数进行分析。

1.3.6 验证试验

按照投影面积、长度和宽度不同,按组重新选取小麦种子进行验证实验,每组小麦种子 180 粒,在相同发芽条件下进行垂直玻璃板发芽试验,比较不同组种子的活力差异。

2 结果与分析

2.1 小麦种子形态物理指标分析

400 粒小麦种子的各项物理特性指标如表 1 所示,所有指标均符合正态分布(如图 5、图 6), a 值的变异系数最大为 0.27 ,其次是 RGB 值中的 B 值为 0.16 , S 值和投影面积的变异系数均为 0.13 ,长度和宽度的变异系数分别为 0.07 和 0.08 。变异系数越大,说明种子批内该指标的变异越大,采用该指标进行分选相对可行。

2.2 小麦种子活力与物理指标间的相关性分析

发芽试验得到的结果是每一粒小麦种子均正常萌发,因此我们采用发芽第 5 天的苗长和苗鲜重作为种子活力指标进行相关性分析。农大 399 小麦种子的各项物理指标与小麦种子发芽后的幼苗苗长和鲜重的相关性分析见表 2,从表 2 中可以得出:幼苗鲜重与种子长度、宽度和投影面积呈极显著正相关($P < 0.01$),与 H 值和 g 值呈显著相关,结合变异系数的大小,笔者认为宽度、长度和投影面积可用于小麦种子按活力进行分选。宽度、长度、投影面积这些物理指标与幼苗长度的相关性不明显。

2.3 农大 399 小麦种子根据投影面积、长度和宽度分组比较结果

基于表 2 中筛选出的指标,本研究将种子分为 3 组,从表 3 可以看出,随着小麦种子投影面积、宽度和长度的增加,幼苗的鲜重和简易活力指数增加明显,随着宽度的增加,苗长略有下降趋势,这可能与本研究采用垂直玻璃板发芽方式有关,试验中发现活力高的种子根的伸长更为明显,采用鲜重和简易活力指数代表种子活力更为可靠和可行。因此认为通过种子的投影面积、长度和宽度来对小麦种子进行精选分级是可行的。

表1 农大399小麦种子形态物理特性描述性统计量

Table 1 Morphological and physical characteristics descriptive statistics of Nongda 399 wheat seeds

物理指标 Physical characteristics	极小值 Minimum	极大值 Maximum	平均值 Average	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation
<i>L</i>	48.00	83.00	60.67	5.59	0.09
<i>a</i>	2.00	17.00	9.84	2.62	0.27
<i>b</i>	20.00	34.00	28.12	2.84	0.10
<i>R</i>	142.00	222.00	174.73	12.90	0.07
<i>G</i>	105.00	203.00	139.50	15.75	0.11
<i>B</i>	64.00	164.00	97.46	16.00	0.16
<i>H</i>	26.00	40.00	32.77	2.22	0.07
<i>S</i>	26.00	57.00	44.49	5.90	0.13
<i>B</i>	56.00	87.00	68.51	5.07	0.07
<i>r</i>	0.39	0.46	0.41	0.01	0.03
<i>g</i>	0.33	0.35	0.34	0.00	0.01
<i>b</i>	0.21	0.28	0.25	0.01	0.04
灰度值 Grey	112.00	204.00	144.74	14.67	0.10
宽度/mm Width	2.31	4.10	3.26	0.26	0.08
长度/mm Length	4.61	7.24	6.07	0.41	0.07
投影面积/mm ² Projected area	8.00	19.00	15.00	1.92	0.13

注:*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;*R*、*G* 和 *B* 分别表示红色、绿色和蓝色 3 种基色;*H*、*S* 和 *B* 值分别代表不同波长的光谱值;*r* 为 $R/R+G+B$ 的比值;*g* 为 $G/R+G+B$ 的比值,*b* 为 $B/R+G+B$ 的比值。下同。

Note:*L* is light intensity,*a* is the range from red to blue,*b* is the range from blue to yellow. *R*, *G*, *B* express red, green, blue especially. *H*, *S*, *B* express the spectrum values of different wave length. The same as below.

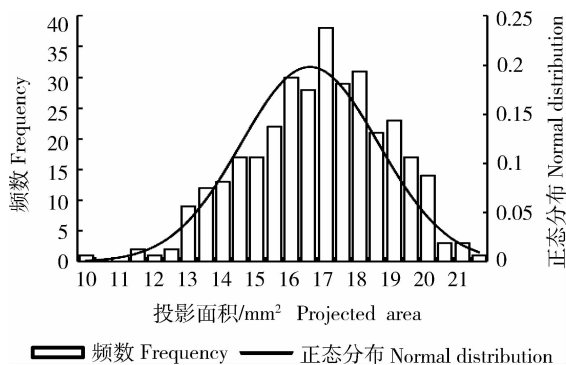


图5 投影面积正态分布图

Fig. 5 Normal distribution of seed projected area

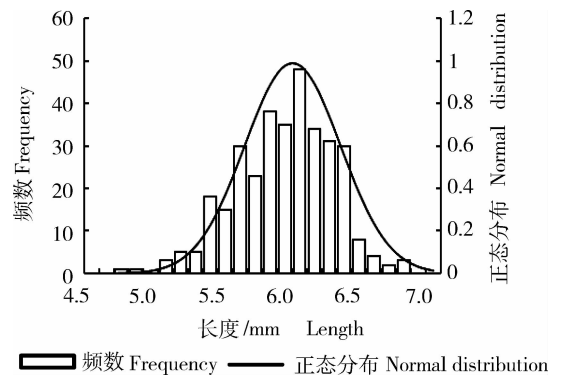


图6 长度正态分布图

Fig. 6 Normal distribution of seed length

表 2 农大 399 小麦种子活力与物理指标间的相关性分析

Table 2 Physical characteristics descriptive statistics of Nongda 399 wheat seeds

物理指标 Physical characteristics	变异系数 Coefficient of variation	与苗长的相关系数 Correlation coefficient with seedling length	与幼苗鲜重的相关系数 Correlation coefficient with seedling weight
<i>L</i>	0.07	-0.03	-0.09
<i>a</i>	0.22	0.07	0.10
<i>b</i>	0.08	0.03	0.01
<i>R</i>	0.06	-0.01	-0.07
<i>G</i>	0.08	-0.04	-0.09
<i>B</i>	0.11	-0.04	-0.08
<i>H</i>	0.06	-0.07	-0.12*
<i>S</i>	0.10	0.06	0.08
<i>B</i>	0.06	-0.01	-0.08
<i>r</i>	0.03	0.07	0.09
<i>g</i>	0.01	-0.08	-0.12*
<i>b</i>	0.04	-0.05	-0.07
灰度值 Grey	0.07	-0.03	-0.09
宽度/mm Width	0.07	-0.04	0.37**
长度/mm Length	0.07	0.07	0.40**
投影面积/mm ² Projected area	0.12	0.01	0.45**

注：* 表示 0.05 水平显著相关，** 表示 0.01 水平极显著相关。

Note: * means significant correlation on 0.05 level, ** means highly significant correlation on 0.01 level.

表 3 根据农大 399 小麦种子投影面积、长度和宽度的分组比较结果

Table 3 Seed vigor of different groups divided by seed projected area, length and width

组别 Groups	区间 Interval	种子粒数 Number	百分比/% Percentage	幼苗长度/cm Seedling length	幼苗鲜重/g Seedling weight	简易活力指数 Simple vigor index
投影面积 Projected area	8~11 mm ²	17	4.3	5.89	0.140 6	12.40
	12~15 mm ²	228	57.0	5.55	0.182 0	15.56
	16~19 mm ²	155	38.7	5.65	0.217 6	17.54
宽度 Width	2.31~2.91 mm	40	10.0	5.95	0.152 1	13.69
	2.92~3.52 mm	303	75.8	5.64	0.197 3	16.28
	3.53~4.10 mm	57	14.3	5.51	0.203 8	17.53
长度 Length	4.61~5.51 mm	42	10.5	5.26	0.156 4	14.15
	5.52~6.42 mm	279	69.8	5.54	0.194 2	16.00
	6.43~7.24 mm	79	19.8	5.94	0.210 6	17.86

2.4 验证试验结果

根据表 1 和表 2 的结果，重新选取农大 399 小麦种子，分别按种子投影面积、宽度和长度将种子分成 3 组，发芽试验结果表明，根据种子投影面积分组的小麦种子其鲜重和简易活力指数存在着显著差异；根据宽度分组的小麦种子其简易活力指数存在

极显著差异，其鲜重在 $P < 0.05$ 水平上有显著差异；根据长度分组的小麦种子其鲜重和简易活力指数均存在极显著差异。从表 4 还可以看出，根据 3 个指标中的任何 1 个指标分组，其鲜重的重量都随之增加，因此可推论体积大的种子，幼苗粗壮，种子活力高。

表4 农大399小麦种子分组验证结果

Table 4 Verification result of different groups of Nongda 399 wheat seeds

组别 Groups	区间 Interval	幼苗鲜重/g Seedling weight	活力指数 Seed vigor
投影面积	8~11 mm ²	0.043 3 b	3.849 8 Bb
Projected area	12~15 mm ²	0.058 4 a	4.475 8 ABa
	16~19 mm ²	0.060 0 a	5.122 8 Aa
	宽度	2.31~2.91 mm	0.041 3 Bc
Width	2.92~3.52 mm	0.051 9 Ab	4.330 4 bB
	3.53~4.10 mm	0.060 4 Aa	5.237 8 Aa
	长度	4.61~5.51 mm	0.039 3 Cc
Length	5.52~6.42 mm	0.053 8 Bb	4.845 0 Bb
	6.43~7.24 mm	0.066 4 Aa	6.194 0 Aa

注:小写字母表示 0.05 水平差异,大写字母表示 0.01 水平差异。

Note: Small letters mean difference on 0.05 level, capital letters mean difference on 0.01 level.

3 结论与讨论

种子是重要的生产资料,高活力种子对农业生产具有重要意义。活力高的种子不仅可以节约种子,也可以提高田间出苗率。通过机器视觉和图像处理技术实现种子识别和检测已成为种子无损检测领域的热点^[10]。本试验结果表明,随着小麦种子投影面积、长度和宽度的增加,幼苗鲜重和简易活力指数随之增加,且达到极显著差异。即投影面积大的种子活力较高。与石海春等^[11]的研究结果即同一玉米品种中体积较大和千粒重较高的种子,其活力较高的结论一致。从表2中可以看到,宽度和幼苗长度成负相关(未达到显著相关),即小麦种子越宽,幼苗越粗壮;与表3中所得结论一致,随着宽度的增加,幼苗长度逐渐降低,但幼苗鲜重明显增加。

通过对农大399小麦品种的400粒发芽试验,并且在整个试验中对各项数据进行测定和分析表明,长度、宽度这些变量对活力构成相当大的影响,但是这几个要素之间本身又存在着联系,因此不能只看其中的1个因素即判断种子活力的大小,投影面积综合了种子的长度和宽度,而且投影面积也可以通过本实验室自主开发的种子形态识别软件Seed Identification快速获得,因此在面对大规模的种子筛选的时候可以利用这个特性进行快速筛选,也可为小麦种子活力快速无损检测技术的研究提供科学依据。采用宽度和长度(即采用常见的筛选机、窝眼筒清选机、圆筒筛分级机)均可达到较好的分选效果。3个指标中投影面积与种子活力的相关性最高,变异系数亦最大,理论上通过投影面积来精选小

麦种子,其精选效果最佳。但目前尚无相应的加工设备,建议种子机械加工企业重点研制开发根据种子投影面积进行分选的加工机械,本研究也可以为生产相应机械设备提供技术参数。

参 考 文 献

- [1] International Seed Testing Association [M]//Fiala F. Handbook of Vigour Test Methods. Zurich: The International Seed Testing Association, 2010
- [2] 孙群,胡晋,孙庆泉. 种子加工与贮藏[M]. 北京:高等教育出版社, 2008:9
- [3] 邓飞,祁享年,赵光武,等. 基于计算机图像处理技术评估杉木和马尾松种子活力[J]. 农业工程学报, 2012, 28(2): 274-279
- [4] Tanaka S, Yamatuchi A, Kono Y. Easily accessible method for root length measurement using an image analysis system[J]. Jpn J Crop Sci, 1995, 64(1): 144-147
- [5] Hoffmaster A L, Fujimura K, McDonald M B, et al. An automated system for vigor testing three-day-old soybean seedlings[J]. Seed Sci and Technol, 2003, 31(1): 701-713
- [6] 陈兵旗,孙旭东,韩旭,等. 基于机器视觉的水稻种子精选技术[J]. 农业机械学报, 2010, 41(7): 168-180
- [7] 阚建文,孙玉峰,陈永艳. 利用扫描仪获取种子图像的研究[J]. 农机化研究, 2003, 4(2): 93-95
- [8] 张若宇,坎朵,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
- [9] 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
- [10] 孙群,王庆,薛卫青,等. 无损检测技术在种子质量检验上的应用研究进展[J]. 中国农业大学学报, 2012, 17(3): 1-6
- [11] 石海春,柯永培,刘帆,等. 不同大小的玉米种子活力差异比较研究[J]. 种子, 2005, 24(4): 37-39

责任编辑:袁文业