

利用图像处理法快速测定小麦千粒质量^①

张颖君¹, 高慧敏², 胡梦芸¹, 孙丽静¹, 刘 茜¹, 李 辉¹

1. 河北省农林科学院 粮油作物研究所/河北省遗传育种实验室, 石家庄 050035;

2. 河北省农林科学院 经济作物研究所, 石家庄 050051

摘要: 小麦是重要的粮食作物, 千粒质量是小麦产量 3 要素之一. 传统的千粒质量调查采用人工数粒、称质量的方法, 既费时又容易出错. 利用扫描仪成像和图像处理技术可以快速、准确地测量小麦千粒质量. 以 200 dpi 分辨率对小麦样品扫描成像, 用 Image-Pro Plus 软件进行图像处理获得样品粒数, 称质量后即可计算得到样品的千粒质量数值. 通过录制“宏”, 还可以实现样品的批量快速处理. 本方法简便易行、准确度高、误差小, 可以大大缩短千粒质量调查所需时间.

关键词: 小麦; 千粒质量; 图像处理法

中图分类号: S512

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2017)08-0070-04

小麦(*Triticumaestivum* L.)是重要的粮食作物之一, 占世界粮食总产量的 40%, 为发展中国家的 25 亿人口提供约 25% 的碳水化合物和蛋白质^[1]. 在过去的 50 年里, 世界小麦产量有了较大提高, 2010 年世界小麦总产达到 650 万 t^[2]. 预测表明至 2050 年, 小麦消费量以每年 1.7% 的速度增长, 然而小麦年产量的增长速度仅为 1.1%^[3]. 供需矛盾导致从 1998 年以来, 小麦市场价格以每年 18% 的速度增长^[4]. 尤其在中国, 人口基数大, 小麦产需缺口更加突出, 小麦进口量逐年增加, 提高小麦产量关乎到国家粮食安全.

小麦产量是由多基因控制的复杂性状, 穗数、穗粒数、千粒质量等对产量都有影响^[5]. 在上述的产量 3 要素中, 千粒质量是最稳定的构成要素^[6]. 研究表明, 千粒质量升高对我国黄淮麦区小麦增产贡献最大^[7-8]. 小麦籽粒大小也与面粉品质紧密相关, 如蛋白质质量分数、水解酶活性等, 进而影响小麦的烘焙等加工品质^[9]. 因此, 提高小麦千粒质量是小麦育种的重要目标.

调查品种、品系的千粒质量是小麦考种必需的任务之一^[10-14]. 在小麦育种过程中, 各世代的材料、品系动辄几百份、上千份, 需要耗费很多劳力去完成这项工作. 并且, 人工数粒受主观因素影响大、容易出错、重复之间差异也较大. 所以本研究拟探寻一种简便高效的千粒质量调查方法, 利用简单的日常办公设备, 达到快速准确测定小麦千粒质量的目的.

1 材料与方法

1.1 试验材料

选取 4 份小麦主栽品种中优 9507, 豫麦 34, 石 4185 和烟农 15 为试验材料. 这些材料由河北省农林科学院粮油作物研究所小麦中心保存, 种子饱满, 无明显病虫害. 取样前将每份样品充分混匀, 以保证取样的一致性和良好的重复性.

1.2 仪器设备

普通办公用扫描仪 1 台, 型号为爱普生 EPSON V370. 普通办公用电脑 1 台, 电脑安装图像处理软件

① 收稿日期: 2015-12-14

基金项目: 河北省自然科学基金项目(C2015301009); 河北省财政专项(F15R055029); 河北省应用基础研究计划重点基础研究项目(13966305D).

作者简介: 张颖君(1977-), 男, 河北固安人, 博士, 助理研究员, 主要从事小麦分子生物学的研究.

通信作者: 李 辉, 博士, 研究员.

Image-Pro Plus V6.0, 软件下载地址 <http://www.mediacy.com>.

1.3 试验方法

1.3.1 传统小麦千粒质量测量方法

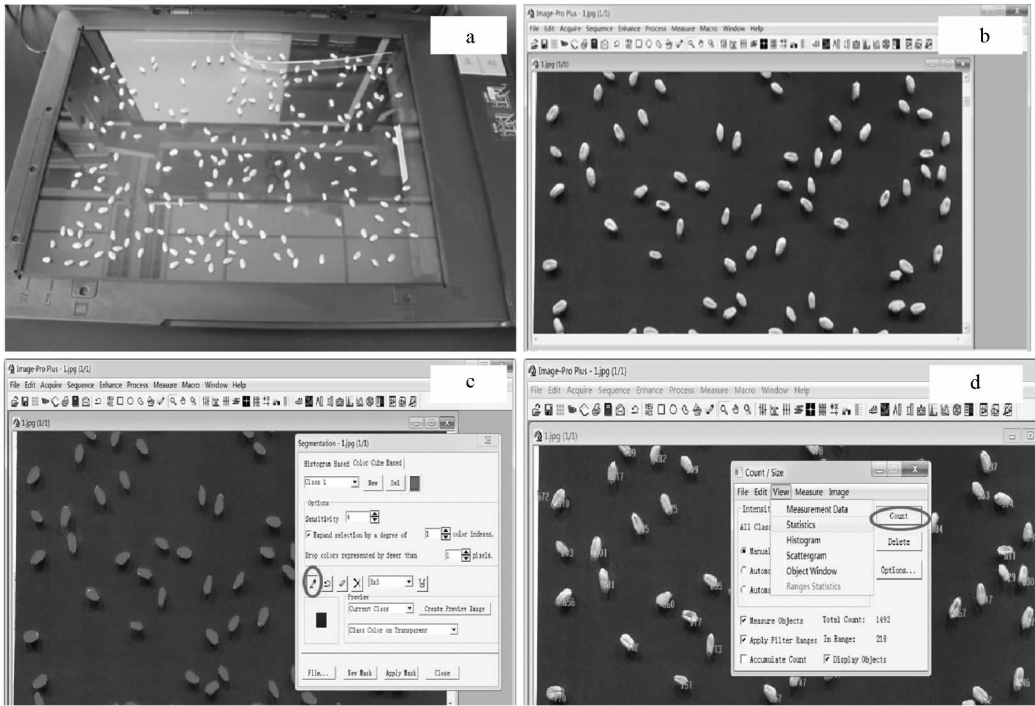
传统小麦千粒质量测量参照《粮食、油料检验粮食、油料千粒质量测定法》(GB5519-85)中的测量方法. 从除去杂质的小麦种子样品中, 不加挑选地数 200 粒种子用天平称质量, 记录数值(精确到 0.1 g), 重复 3 次, 取平均值. 如果重复间测量差值超过 5%, 则需再次进行数粒、称质量, 直到两次称质量在允许误差之内.

1.3.2 扫描及图像处理法测量小麦千粒质量

取无杂质的小麦样品种子若干粒(一般 200~500 粒), 用天平称质量, 记录数值(精确到 0.1 g). 将称质量完的种子撒到扫描仪平板上, 使种子之间稍有空隙、不紧挨在一起即可, 如图 1a 所示. 将扫描仪设置为‘彩色照片’模式, 以分辨率 200~800 dpi 对种子进行扫描, 保存图片, 图片名称设为样品名或样品编号. 利用 Image-pro plus 6.0 软件对获得的图片进行图像分析. 打开扫描得到的照片(图 1b), 点击工具栏上的‘count/size’按键, 在弹出的对话框中点击‘select colors’按键, 利用‘吸管’工具选取小麦籽粒颜色, 使小麦籽粒大部分被选中(图 1c). 关闭对话框, 点击‘count/size’对话框上的‘count’按钮进行计数(图 1d), 通过

$$\text{样品千粒质量} = \frac{\text{样品粒质量} \times 1\,000}{\text{样品粒数}}$$

计算得到样品的千粒质量, 重复 3 次, 取平均值.



(a) 将小麦籽粒撒于扫描仪平板上; (b) 用 Image-pro plus 软件打开扫描得到的籽粒图像文件;
(c) 利用“吸管”工具选中小麦籽粒; (d) 点击“count”按钮对小麦籽粒进行计数.

图 1 图像处理法测量小麦千粒质量

2 结果与分析

2.1 扫描分辨率对结果的影响

人工数出 200 粒小麦种子, 将扫描仪分辨率分别设置为 200 dpi, 400 dpi, 600 dpi 和 800 dpi 进行扫描, 记录扫描所用时间、存储文件大小. 利用 Image-Pro Plus 软件对图像进行处理、计数, 结果如表 1.

从表 1 可以看出, 利用不同分辨率扫描小麦种子对后续图像处理没有影响, 均能对样品准确计数. 但扫描所需时间和图像文件所占存储空间存在较大差异, 随着分辨率的提高, 扫描时间从 12 s 增加到 98 s,

图像文件也从 0.29 Mb 增加到 3.12 Mb. 所以从工作效率和经济性考虑, 本试验采用分辨率 200 dpi 进行籽粒扫描.

表 1 不同扫描分辨率对样品计数的影响

扫描分辨率/dpi	扫描所用时间/s	图像文件大小/Mb	图像分析计数/粒
200	12	0.29	200
400	23	0.78	200
600	32	1.51	200
800	98	3.12	200

2.2 图像处理法与传统方法对比

本研究利用传统方法和图像处理法对中优 9507, 豫麦 34, 石 4185 和烟农 15 品种的千粒质量进行测量, 每个品种测 3 个重复, 记录数值, 计算平均值和标准差. 从表 2 结果可以看出, 各次重复间千粒质量误差小于 5%, 表明传统方法与图像处理法均满足《粮食、油料检验粮食、油料千粒质量测定法》(GB5519 – 85)的要求. 但图像处理法各次重复间的标准差明显小于传统方法测量的结果, 并且传统方法的平均值比图像处理法均略偏大, 原因可能是由于传统方法利用人工数粒计数, 不可避免地对籽粒进行主观选择, 说明图像处理法的结果客观性更强、准确性更高.

表 2 传统方法与扫描及图像处理法结果对比

品种	传统方法/g					扫描及图像处理法/g				
	重复 1	重复 2	重复 3	平均值	标准差	重复 1	重复 2	重复 3	平均值	标准差
中优 9507	48.4	48.9	47.2	48.2	0.87	47.2	48.1	47.5	47.6	0.46
豫麦 34	49.3	47.8	48.6	48.6	0.75	48.9	48.2	47.8	48.3	0.56
石 4185	38.2	37.5	37.2	37.6	0.51	36.5	37.4	37.1	37.0	0.46
烟农 15	39.3	38.5	37.8	38.5	0.75	37.9	38.2	38.7	38.3	0.40

2.3 图像批处理提高测量速度

本试验通过录制‘宏’实现图像批量化、快速处理, 极大地提高了大量样品的测量速度. ‘宏’的录制过程如下: 打开一张待分析的图片, 点击菜单栏上的‘Macro’—‘Record Macro’按钮, 在弹出的‘Record Macro’对话框中给‘宏’输入一个名字, 如‘小麦千粒质量测量’, 在‘Shortcut Key’中为该宏设置一个快捷键, 如‘Ctrl+A’(图 2). 将图像处理、分析的过程录制成一个宏文件后, 直接按‘Ctrl+A’快捷键即可对多个图像文件进行批量分析, 得到每个样品的粒数, 用公式计算得到试样的千粒质量.

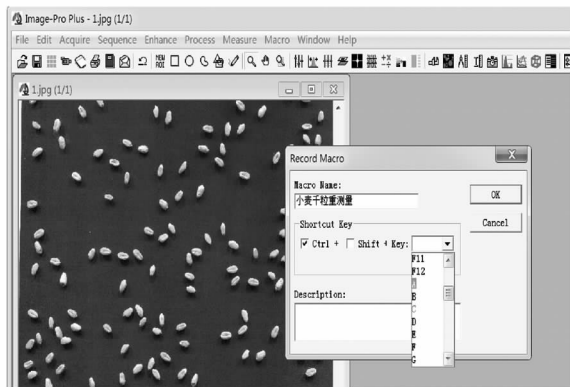


图 2 通过录制‘宏’文件实现图像批处理

3 讨论与结论

千粒质量是小麦产量构成的 3 要素之一, 本研究通过利用扫描仪成像和图像分析技术实现了小麦千粒质量快速、准确的测定, 提高了考种效率, 减少了人工数粒造成的主观偏差. 近年来, 图像处理法越来越多地用于作物性状调查和田间数据采集, 如肖永贵等^[15]利用图像处理法快速有效地对小麦苗期和孕穗期植被覆盖率进行量化分析, 肖强等^[16]利用数码相机和 Photoshop 软件非破坏地测定植物的叶面积, 魏全全等^[17]基于数字图像技术对冬油菜的氮素营养进行诊断, 王方永等^[18]利用数字图像方法估测棉花光合有效辐射吸收比例. 随着科技的进步, 信息技术飞速发展, 扫描仪、数码相机、智能手机和平板电脑等数字图像采集工具在人们生活中得到普及, 此类图像设备的性能、性价比和可操作性都在不断提升, 价格也越低, 将图像处理技术用于作物性状的调查, 将极大地提高作物育种田间性状调查和考种的工作效率和数据的准确性. 本研究证实, 图像处理法测量小麦千粒质量是可行的, 它具有操作简单, 技术易掌握, 成本低, 速度快的优点, 是测量小麦千粒质量的理想方法.

参考文献:

- [1] MIR R R, KUMAR N, JAISWAL V, et al. Genetic Dissection of Grain Weight in BreadWheat Through Quantitative Trait Locus Interval and Association Mapping [J]. Mol Breeding, 2012, 29(4): 963–972.
- [2] CAPRON D, MOUZEYAR S, BOULAFLOUS A, et al. Transcriptional Profile Analysis of E3 Ligase and Hormone-related Genes Expressed During Wheat Grain Development [J]. BMC Plant Biol, 2012, 12: 35.
- [3] BRISSON N, GATE P, GOUACHE D, et al. Why are Wheat Yields Stagnating in Europe? A Comprehensive Data Analysis for France [J]. Field Crop Res, 2010, 119(1): 201–212.
- [4] REYNOLDS M, FOULKES J, FURBANK R, et al. Achieving Yield Gains in Wheat [J]. Plant, Cell Environ, 2012, 35(10): 1799–1823.
- [5] SHI J Q, LI R, QIU D, et al. Unraveling the Complex Trait of Crop Yield with Quantitative Trait Loci Mapping in *Brassica napus* [J]. Genetics, 2009, 182(3): 851–861.
- [6] GIURA A, SAULESCU N N. Chromosomal Location of Genes Controlling Grain Size in a Large Grained Selection of Wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. Euphytica, 1996, 89(1): 77–80.
- [7] XIAO Y G, QIAN Z G, WU K, et al. Genetic Gains in Grain Yield and Physiological Traits of Winter Wheat in Shandong Province, China, from 1969 to 2006 [J]. Crop Sci, 2012, 52(1): 44–56.
- [8] ZHENG T C, ZHANG X K, YIN G H, et al. Genetic Gains in Grain Yield, Net Photosynthesis and Stomatal Conductance Achieved in Henan Province of China Between 1981 and 2008 [J]. Field Crop Res, 2011, 122(3): 225–233.
- [9] AMMIRAJU J S S, DHOLAKIA B B, SANTRA D K, et al. Identification of Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) Markers Associated with Seed Size in Wheat [J]. Theor Appl Genet, 2011, 102(5): 726–732.
- [10] 王瑞霞, 张秀英, 吴科, 等. 多个环境下小麦千粒重 QTL 定位的稳定性分析 [J]. 麦类作物学报, 2012, 32(1): 1–6.
- [11] 王晖, 陈佳慧, 王文文, 等. 小麦产量性状与粒重性状的遗传分析 [J]. 东北农业大学学报, 2012, 43(4): 31–36.
- [12] 韩利明, 杨芳萍, 夏先春, 等. 株高、粒重及抗病相关基因在不同国家小麦品种中的分布 [J]. 麦类作物学报, 2011, 31(5): 824–831.
- [13] 廖祥政, 王瑾, 周荣华, 等. 发掘人工合成小麦中千粒重 QTL 的有利等位基因 [J]. 作物学报, 2008, 34(11): 1877–1884.
- [14] 杨浩, 胡海, 汪灿, 等. 播期、施肥量和种植密度对糯小麦‘1718WX’的品质、产量及产量构成因素的影响 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2015, 37(2): 12–17.
- [15] 肖永贵, 刘建军, 夏先春, 等. 基于图像处理的冬小麦植被覆盖率测定及其遗传解析 [J]. 作物学报, 2013, 39(11): 1935–1943.
- [16] 肖强, 叶文景, 朱珠, 等. 利用数码相机和 Photoshop 软件非破坏性测定叶面积的简便方法 [J]. 生态学杂志, 2005, 24(6): 711–714.
- [17] 魏全全, 李岚涛, 任涛, 等. 基于数字图像技术的冬油菜氮素营养诊断 [J]. 中国农业科学, 2015, 48(19): 3877–3886.
- [18] 王方永, 韩焕勇, 陈兵, 等. 数字图像估测棉花光合有效辐射吸收比例 [J]. 西北农业学报, 2015, 24(10): 74–79.

On Rapid Determination of Thousand Grain Weight of Wheat by Means of Digital Imaging

ZHANG Ying-jun¹, GAO Hui-min², HU Meng-yun¹,
SUN Li-jing¹, LIU Qian¹, LI Hui¹

1. Institute of Cereal & Oil Crop/Hebei Crop Genetic Breeding Laboratory,
Hebei Academy of Agriculture & Forestry Sciences, Shijiazhuang 050035, China;

2. Cash & Crops Institute of Agriculture, Hebei Academy of Agriculture & Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051, China

Abstract: Wheat is an important crop, and the thousand grain weight (TGW) is one of the indexes to be investigated in wheat breeding. The traditional manual counting method is time-consuming and error prone. This study has improved a quick and accurate assay to measure the TGW of wheat by means of digital imaging technology. Wheat samples have been scanned firstly with a scanner at 200 dpi resolution, then the Plus Image-Pro software has been employed to get the seed numbers of each sample quickly by image processing. Weighed the seeds and calculated the TGW. By recording ‘macro’, batch disposal of samples can also be realized. The method has presented in this paper is simple, accurate and can greatly save the time of TGW investigation.

Key words: common wheat; thousand grain weight; digital imaging

责任编辑 周仁惠