

大豆幼苗生长势自动监测系统的研究

程荣花¹, 马飞^{1,2}, 鲁书喜¹

(1. 平顶山学院 资源与环境科学学院, 河南 平顶山 467000; 2. 武汉大学 计算机学院, 湖北 武汉 430072)

摘要:以黑豆幼苗为材料, 以绿色叶片面积为指标, 利用图像处理技术实现大豆早期生长状态的自动化监测, 工作原理主要包括3个过程: 首先, 对幼苗生长状态样本图像进行颜色过滤二值化; 其次, 利用中值滤波方法对样本图像产生的噪声点进行过滤; 最后, 提出基于四邻域编码一次遍历的方法, 实现同时对样本图像连通区域数量和各区域面积的统计。

关键词:图像处理技术; 幼苗生长状态; 自动化监测; 四邻域编码

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

DOI: 10.11861/j.issn.1000-9841.2014.05.0790

Automatic Monitoring System of Soybean Seedling Growth

CHENG Rong-hua¹, MA Fei^{1,2}, LU Shu-xi¹

(1. College of Resource and Environment Science, Pingdingshan University, Pingdingshan 467000, China; 2. Computer School of Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: Using black soybean seedlings as materials, the green leaf area for reference, processing technology to achieve automation in monitoring soybean growth status of early use of image, working principle mainly includes three steps: first, the soybean seedling growth state sample image color filter two values; secondly, to filter the noise of the sample image by median filtering method; finally, this paper proposed a method 4-neighborhood encoding by one traversal based on the statistics and the number of connected regions, and any region area on the sample image. Research results show that the method is efficient to provide a reference for the protector, has made the beneficial attempt for the development of modern agriculture.

Key words: Image processing; Seedling growth; Automatic measurement; 4-neighborhood encoding

在幼苗生长过程中, 科研人员需要迅速地掌握作物生长发育的实际情况, 利用肉眼观测或手工测量费时费力, 而且结果不连续、不客观。为了快速获取作物幼苗生长发育的真实情况, 可以借助信息化的手段对作物生长发育情况进行连续监测和数据处理, 得到准确有效的结果。目前, 对幼苗生长监测的研究主要集中在作物缺素判别方面, 如Ling等^[1]在温室条件下对蔬菜幼苗进行连续监测, 发现叶冠投影面积的变化可以反映植物的缺肥情况; 李长缨^[2]利用计算机视觉技术对2组黄瓜幼苗叶冠投影面积进行连续监测, 结果表明叶冠投影面积的变化趋势能够反映植物的缺肥情况。随着国家对农业现代化发展的重视, 农业信息化技术的发展和应用备受关注^[3]。本研究以黑豆幼苗为研究对象, 利用图像处理技术对大豆幼苗生长信息(如叶面积和叶病变面积)进行自动化测量, 旨在为农作物科研管理人员提供一种新的自动化测量大豆幼苗生长势的方法。

1 技术方案

1.1 总体方案

大豆幼苗生长自动化测量总体方案如下: 利用高分辨率摄像头或数码相机, 在幼苗生长期过程中由研究人员选择光照适当的天气条件或人工设定拍摄所需光照条件, 对待测大豆幼苗区域进行拍照, 将样本图像输入到计算机中, 利用色彩过滤对样本图像进行二值化处理, 产生一些噪声点, 然后利用中值滤波进行平滑处理, 对得到的多个相互独立的叶片小区域进行编码统计, 计算出不同观测时间点各叶片区域的像素点数, 最后根据统计出的叶片区域像素点进行比对运算, 得出幼苗生长势变化。

整个系统包括从对样本图像的拍摄到幼苗生长势变化结果的运算, 图1为系统流程图, 其中颜色过滤主要是对样本图像中的RGB值根据经验进行条件筛选, 将绿色的叶片区域保留; 中值滤波主要是对孤立点进行过滤或小空洞进行填充, 降低噪声

收稿日期: 2014-02-03

基金项目: 河南省科技计划重点项目(112102210333); 平顶山学院青年科研基金(PDSU-QNJJ-2013005)。

第一作者简介: 程荣花(1979-), 女, 硕士, 讲师, 主要从事草业科学与农业信息化应用研究。

通讯作者: 马飞(1980-), 男, 博士, 副教授, 主要从事计算机图像处理与近景摄影测量研究。E-mail: guanlichm@163.com。

对幼苗叶片统计的影响;将相对独立的幼苗叶片区域进行连通区域编码,以统计幼苗叶片区域数量和各自包含的像素点数量,由于在播撒过程中会产生相距较近导致幼苗叶片的相连和重叠现象,在后续的统计中会产生误差,系统采用像素点均值的方法

对叶片粘连区域进行估算,尽量降低统计误差;最后将对应位置的各自幼苗叶片区域进行像素点数量统计和比对,得出运算结果,科研管理人员根据运算结果及时掌握叶片的生长状况。

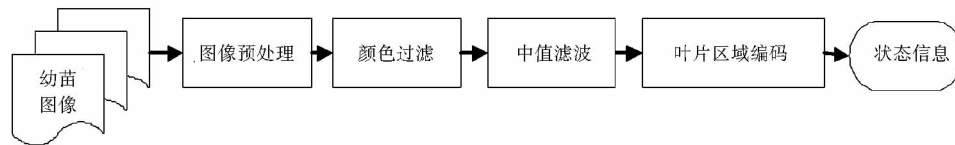


图1 幼苗监测系统流程图

Fig.1 Flow chart of seedling monitoring system

1.2 图像预处理及颜色过滤

本研究选用绿色幼苗叶片作为样本材料,育苗采用的白色塑料薄膜一般近为白色,同时在农业生产中,绿色作物不论是品种还是数量都最为广泛,这样也更利于研究结果的推广和使用。为方便后续监测及幼苗叶片生长情况对比,系统采用固定角度拍摄待监测区域的方法,对获取的样本图像进行行和列位置划分(为了处理方便,手工划分播撒种子区域,结果如图2所示)。划分的目的是方便监测各个待测区域,所以不需要严格地横平竖直的排列,编号按照从左向右,从上至下,依次对小单元格进行数字编号,如1,2,3,……,n,其中n表示小单元格总数量。对样本图像进行颜色过滤,第一步先把样本图像中绿色的区域变换为黑色,第二步把样本图像中的背景和非绿区域变换为白色,最后统计黑色区域的像素点。具体地说就是把样本图像中每一个像素点的3个分量R,G,B取值转化为0或255的黑白图片,为统计叶片连通区域的像素点数量做准备。

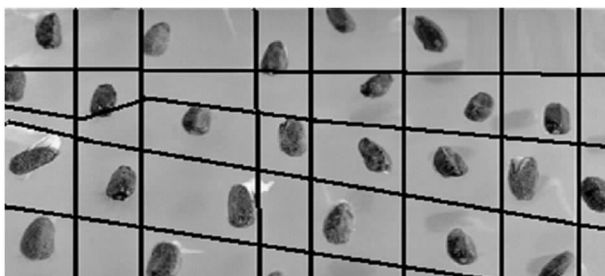


图2 样本图像预处理网格划分

Fig.2 Sample image grid division

颜色特征描述了图像区域所对应的前景与背景颜色性质。系统采用颜色过滤方法进行二值化处理,通过大量实验对幼苗叶片颜色分量RGB分析,得到 $G > R + 20$ 并且 $G > B + 20$ 和 $R > B$,即可满足将叶片区域保留下来运算的目的。

对样本图像进行颜色过滤的具体算法实现步

骤如下:

[Step1]:选取含叶片图像的样本,扫描样本图像。

[Step2]:系统自动获取手工设定的颜色分量G的阈值,对每个像素点 $P(R,G,B)$ 的3个分量RGB值进行判断,3个颜色分量满足 $G > R + 20$ 并且 $G > B$ 和 $R > B$,则将该像素值变为黑色 $P(0,0,0)$,否则,将该像素点置为白色 $P(255,255,255)$ 。

[Step3]:刷新图像显示控件,显示颜色过滤二值化后的图像。

颜色过滤操作前后对比效果如图3所示。

图3中每幅子图左侧图片分别是在作物幼苗生长过程中不同的时间点所拍摄的样本图像,右侧为颜色过滤后处理得到的效果图像。从处理结果看,本研究方法能够对幼苗绿色叶片进行较好地保留便于计算机后续监测处理,但由于光线等原因,处理结果会包含有一些较小的噪声点,可能会对后续幼苗生长势的监测结果产生影响。

1.3 中值滤波降噪

中值滤波是一种常用的非线性平滑滤波^[4],其基本原理是把数字图像或数字序列中一个点的值用该点的八邻域中各点值的中间值来代换,从而可以消除孤立的噪声点。

使用中值滤波的方法对二值化后的各子图进行降噪处理,较好地过滤掉较小的噪声点,降低了后续幼苗叶片区域面积统计的误差。为直观起见,本文选取了第4时刻点拍摄的图像二值化后的中值滤波处理结果如图4所示。从中值滤波后的效果图可以看出,能够有效过滤掉较小的噪声点,提高了后续统计的精度。

1.4 叶绿面积统计

为统计预处理阶段划分的各小方格区域中幼苗生长发育情况,需要统计在每一个观测时间点获取的颜色过滤图像中的小连通区域的像素点数量,

arrNumAreaPixel[tmpR3] + 1; 为避免出现干扰, 将被合并的像素总数对应值置为 0, arrNumAreaPixel[tmpR3] = 0;

[step7]: 若仅上方点有非 0, 255 的值, 左边为 255, 则使用上方点所有编码, 累加总像素点数, arrNumAreaPixel[tmpR4] ++;

[step8]: 若正上方点有非 0, 255 的值, arrNumAreaPixel[tmpR4] ++; 若左上方点有非 0, 255 的值, rNumAreaPixel[tmpR1] ++; 若左下方点有非 0, 255 的值, arrNumAreaPixel[tmpR3] ++;

[step9]: 若仅左边点有非 0, 255 的值, 上方点为 255, 则使用左边点所有编码, 累加总像素点数, arrNumAreaPixel[tmpR2] ++。

表 1 各观测时间点对应小单元格叶绿像素点数量统计

Table 1 The pixel count of green leaves in the different observation time points

时间点 Time point	幼苗编号 No.															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	25	...	29	33	34	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	...	0	0	0	
2	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	313	...	32	0	0	
3	184	0	0	61	0	0	0	0	31	0	314	...	285	0	0	
4	219	0	23	96	0	0	0	0	98	0	945	...	584	86	93	
5	940	0	87	826	0	0	0	0	182	0	1104	...	1038	576	638	
6	1341	0	313	1238	0	0	0	0	695	0	1707	...	1515	728	1056	

1.5 生长状态预测

通过上一步计算, 统计出的各编码种子幼苗在不同时间点叶片绿色区域的像素点数量, 对待测样本进行出苗和幼苗生长状况进行统计, 将得到的各幼苗叶片区域进行像素点统计, 进而观测到幼苗生长发育情况, 为种植管理人员后续管理提供参考依据。编号为 1, 3, 4, 9, 25, 29, 33, 34 等种子在不同时刻点从出苗到幼苗生长的各个阶段, 通过表 1 可以观察出各种子幼苗生长情况不一, 后期生长长势也呈现出各自不同的状态, 总体趋于生长良好状态, 如图 7 所示, 能够清楚地看出各个幼苗生长发育趋势。值得一提的是, 通过本方法观测时刻点可以根据种子发芽情况和事先在该实验区播撒的总数量来计算发芽率。

2 试验分析

本平台软件采用 VS. Net 2005 开发实现, 运行环境为: WindowsXPSP3, CPU1.6 GHz, 内存 2 GB, 试验图片大小为 350 × 200, 从对样本图像获取、预处理到最终各幼苗叶片区域像素点数量结果输出, 平均耗时 3.10 s, 运算时间相对较快; 结合试验来看, 从颜色过滤效果图 3 能够看出, 颜色过滤算法较好地保留了完整的幼苗叶片区域; 为了降低处理过程中可能产生的噪声点, 本文运用了中值滤波方法, 提高了后续叶片区域标识和像素点统计准确率; 从叶片区域编码算法运算结果看, 系统能够自动完成

算法过程中按照图 6 所示的方式进行编码, 有些区域含有凸出的细长点列, 会导致同一区域被同时编码, 占用了不同的编码序号, 如第一个区域同时占有了 1 和 2 两个编码, 需要在运算时进行消除某个序号, 此处消去 2, 同时需要累加原有 2 编号的所有像素点数量, 并将存储在对应数组中像素点数量置为 0, 即 arrNumAreaPixel[2] = 0。

经过对图像扫描后, 统计出的各个连通区域的像素点总数如表 1 所示, 幼苗编号表示图 2 中人工划分对应的顺序编号, 时间点表示拍摄待测幼苗的时刻点, 一般选择当天 14:00 左右, 此时的光线较适合拍摄。

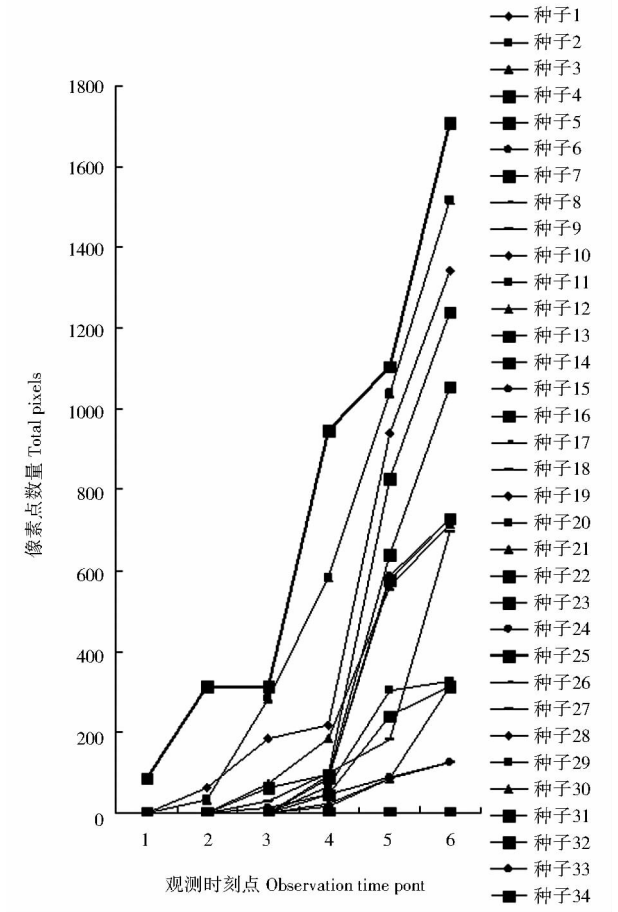


图 7 幼苗生长趋势图
Fig. 7 Trend of soybean seedling growth

各叶片区域统计功能,实现了各预定位置叶片区域的独立统计,为后续幼苗生长发育预测提供了准确的数据基础,达到预期要完成的工作。该算法的优点在统计小连通区域的同时,也得到了每个连通区域的面积即像素点数,能够一次完成各叶片区域的统计和区域数量的累积。

本研究不完善之处是当幼苗发育成长至叶片粘连较多时,会导致误统计,造成最后幼苗发育监测计算的不准确,在未来的研究中可以尝试采用监视镜头位置调整或人工干预等方法进行改善,以提高连通区域统计的准确率。

3 结 论

本研究利用图像处理技术对自动测量幼苗叶片生长发育状况的可行性进行了研究,并对系统中各步骤的关键算法进行了实现。结果表明本文所采用的方法能够较好地检测到幼苗叶片区域,准确地进行叶片区域像素点数量统计,为幼苗生长状况提供了有效数据。本研究为农业科研人员提供了一种新的自动化监测作物幼苗生长势的方法,促进了利用信息化手段推进现代农业建设的进程,是农业现代化研究中自动化测量技术的又一新的探索和尝试。

(上接第 789 页)

别为 0.317~0.420,0.357~0.533,0.323~0.453。在相同含水率的条件下,法向压应力增大,大豆与不锈钢板、混凝土板、木板的摩擦系数减小。在相同法向压应力条件下,含水率增大,大豆与不锈钢板、混凝土板、木板的摩擦系数增大。

参考文献

- [1] 程绪铎,陆琳琳.大豆内摩擦角的测定与实验研究[J].粮食储藏,2010(5):12-15. (Cheng X D, Lu L L. Measurement and experiment on internal friction angle of soybean[J]. Grain Storage, 2010(5):12-15.)
- [2] Dutta S K, Nema V K, Bhardwaj R K. Physical properties of grains [J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1988, 39: 259-268.
- [3] Edward A. Physical properties of bambara groundnuts[J]. Journal of Food Engineering, 2001, 47: 321-326.
- [4] 张桂花,汤楚宙,熊远福,等.包衣稻种物理特性的测定及其应用[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2004,30(1):68-70.

参考文献

- [1] Kacira M, Ling P P. Design and development of an auto-mated and non-contact sensing system for continuous monitoring of plant health and growth[J]. Transactions of the ASAE, 2001, 44(4): 989-996.
- [2] 李长缨.利用计算机视觉技术实现对温室植物生长的无损监测[J].农业工程学报,2003,19(3):140-143. (Li C Y. Realization of greenhouse plant growth nondestructive monitoring [J]. Transactions of the CSAE, 2003, 19(3): 140-143.)
- [3] 闫磊,刘芷宁.一种粘连谷物图像分割及杂质识别算法开发[J].吉林农业科学,2012,37(4):72-76. (Yan L, Liu Z N. An adhesion grain image segmentation and impurity recognition algorithm development [J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 2012, 37(4): 72-76.)
- [4] 朱威,韩巨峰.基于噪声点多级检测的自适应中值滤波算法[J].光电工程,2013,40(10):63-69. (Zhu W, Han J F. Multi-stage detection of noise points based on adaptive median filter algorithm [J]. Opto-Electronic Engineering, 2013, 40(10): 63-69.)
- [5] 陈柏生.一种二值图像连通区域标记的新方法[J].计算机工程与应用,2006,42(25):50-51. (Chen B S. A new method of binary image connected region marking [J]. Computer Engineering and Applications, 2006, 42(25): 50-51.)
- [6] 王丹民,孙庆文.棒材自动计数系统的开发[J].制造业自动化,2011,33(7):69-72. (Wang D M, Sun Q W. Development of automatic counting system of steel [J]. Manufacture Automation, 2011, 33(7): 69-72.)

(Zhang G H, Tang C Z, Xiong Y F, et al. Determination and application of physical properties of coated rice seed [J]. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences), 2004, 30(1): 68-70.)

- [5] Sacilik K, Ozturk Q, Keskin R. Some physical properties of hemp seed [J]. Biosystems Engineering, 2003, 86(2): 191-198.
- [6] Karimi M, Kheiralipour K, Tabatabaefar A, et al. The effect of moisture content on physical properties of wheat [J]. Journal of Nutrition, 2009, 8(1): 90-95.
- [7] 许启铿,王录民.测定粮食内摩擦角的直剪仪研制[J].山西建筑,2007,33(14):81-82. (Xu Q Q, Wang L M. A direct shear apparatus development for grain internal friction angle measurement [J]. Shanxi Architecture, 2007, 33(14): 81-82.)
- [8] Suthar S H, Das S K. Some physical properties of karingda [Citrus canatus (thumb) mans] seeds [J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1996, 65(1): 15-22.
- [9] 安蓉蓉,曹阳,程绪铎,等.稻谷内摩擦角的测定与实验研究[J].粮食储藏,2009,38(3):31-33. (An R R, Cao Y, Cheng X D, et al. Measurement and experiment study internal friction angle of paddy [J]. Grain Storage, 2009, 38(3): 31-33.)