作物学报 ACTA AGRONOMICA SINICA 2011, 37(7): 1274–1279 http://www.chinacrops.org/zwxb/
ISSN 0496-3490; CODEN TSHPA9 E-mail: xbzw@chinajournal.net.cn

DOI: 10.3724/SP.J.1006.2011.01274

基于 YCbCr 颜色空间和 Fisher 判别分析的棉花图像分割研究

刘金帅 赖惠成* 贾振红

新疆大学信息科学与工程学院, 新疆乌鲁木齐 830046

摘 要: 棉花的分割是采棉机器人研究的关键技术。本文分别在 HSV、HIS 和 YCbCr 颜色空间下, 首先根据棉花的颜色信息与背景颜色信息的差距, 对样本图像中的各个对象(棉絮、棉枝、土壤等)分类; 其次根据分类结果分别提取各类在各颜色空间下的样本像素值; 再根据类间离散度最大和类内离散度最小的准则计算出 Fisher 判别向量和各类的质心; 最后按照像素值离各质心最近的准则进行图像分割。结果表明, 在 YCbCr 颜色空间下产生的分割噪声最小, 选取此颜色空间, 采用贴标签的方法自适应去噪。实验仿真表明, 本方法可有效避免阳光直射和阴影的干扰, 对各种情况都能准确分割, 分割准确率达 90.44%。

关键词: 棉花分割; Fisher 线性判别分析; YCbCr 颜色空间; 贴标签去噪

Image Segmentation of Cotton Based on YCbCcr Color Space and Fisher Discrimination Analysis

LIU Jin-Shuai, LAI Hui-Cheng*, and JIA Zhen-Hong

College of Information Science and Engineering, Xinjiang University, Urumqi 830046, China

Abstract: For cotton harvesting robot, the cotton image segmentation is one of the key technologies. In this paper, under HSV, HIS, and YCbCr color spaces respectively, according to the difference between cotton color and background color, the various objects (cotton batting, cotton branches, soil etc.) in the sample images were classified, and then the pixel value of every category in different samples was extracted based on the classification result. In the following, the rule that the dispersion is biggest between different classes and smallest within the same class was used to calculate the Fisher discrimination vector and the center of mass in every class. Finally, image segmentation was carried out based on the criterion of pixel value close to the center of mass. The result showed that the least segmentation noise was obtained in the YCbCr color space, in which the method of labeling for self-adapting denoising was need. The simulation showed that the cotton could be separated exactly from the background by the above algorithm whether the cotton was exposed to the sunlight or the shadow. A total of that 136 cotton images were segmented with an accuracy of 90.44% in YCbCr color space.

Keywords: Cotton segmentation; Fisher linear discrimination analysis; YCbCr color space; Labeling denoising

我国是世界上的棉花生产大国, 研究基于图像处理的采棉机器人技术具有相当大的实用价值和现实意义。采棉机器人视觉系统的关键技术之一是棉花识别和分类, 也就是将棉花区域从图像中分割出来, 以确定其空间的位置, 并判别其成熟度和质量等级[1]。图像分割就是将图像分成各具特性的区域并提取出感兴趣目标的技术和过程[2]。YCbCr 颜色空间中色度分量和亮度分量是相互独立的, 而且 YCbCr 颜色空间与 RGB 颜色空间存在一种线性变换关系, 转换较为简单, 常用于视频编码压缩领域、人脸识别和运动目标检测、识别等领域。目前针对棉花分割问题研究较少, 王勇等[3-4]提出对图像进行过绿特征(2G-R-B)处理, 来减弱背景的干扰, 再对 R-B 采用阈值方法分割图像; 王玲等[5]在避免阳光直射和阴影的情况下, 发现在 HIS 和 L*a*b*颜色空间经阈值分割后噪声较低; 韦皆顶等[6]选取 HSV 模

本研究由国家国际科技合作计划项目(2009DFA128707)资助。

* 通讯作者(Corresponding author): 赖惠成, E-mail: lai@xju.edu.cn, Tel: 13999152197

第一作者联系方式: E-mail: 124405215@163.com, Tel: 13079961078

Received(收稿日期): 2010-11-02; Accepted(接受日期): 2011-03-28.

型中与亮度无关的 S 通道作为棉花图像的特征，利用 S 通道进行阈值分割；陈果[7]将 Fisher 判别函数引入到图像阈值分割中，与公认有效的 Otsu 法、最大熵法和最小误差法进行了详细比较，结果表明他提出的 Fisher 判别法具有分割性能稳定、计算速度快以及受目标大小影响小等优点。前人的这些方法算法复杂度低，没有完全利用目标和背景的颜色差距的信息，都是通过阈值分割来实现的，选取颜色空间不合适，受光照和阴影的影响，所以稳定性不高和分割准确度低。而陈果[7]提出的方法只适合用于灰度图像或者彩色图像的颜色空间的某个通道来进行阈值分割。在前人的研究基础上，本文创造性地提出了在 YCbCr 颜色空间下，利用 Fisher 线性判别分析的分类模型进行分割，为采棉机器人视觉系统的研发奠定基础。在分割后为了保护棉花边界信息的完整，避免给下步棉花定位和判断棉花成熟度造成误差，采用了自适应贴标签的方法去噪声。

1　材料与方法

1.1　样本采集

2010 年 10 月 17 日 15 时(晴天)，在新疆维吾尔自治区五家渠市 101 团四营棉田，用 CCD 数码照相机以 640×480 的分辨率拍摄自然环境下中、晚期的各种棉花图像 136 幅。为了显示本文的通用性，这些照片涵盖了棉田中棉花吐絮后进入采摘期的所有情况，包括棉花全部或部分被阳光直射，棉花全部或部分处于阴影之下；图像中有一个或多个棉桃；以及从正面和侧面的不同角度拍摄等。

1.2　颜色空间的选择

HSV 模型接近人眼感知色彩的方式，其中 H 为色调(Hue)，S 为色饱和度(Saturation)，V 为亮度(Value)。HIS 色彩空间是从人的视觉系统出发，用色调(Hue)、色饱和度(Saturation)和亮度(Intensity)来描述色彩。RGB 颜色空间是不均匀的颜色空间，2 种颜色之间的知觉差异与颜色空间中 2 点间的欧式距离不成线性比例，而且 R、G、B 值之间的相关性很高，对同一颜色属性，在不同条件(光源种类、强度和物体反射特性)下，R、G、B 值很分散，对于识别某种特定颜色很难确定其阈值和其在颜色空间中的分布范围。从 RGB 颜色空间到 HIS 或者 HSV 颜色空间的转换都较为复杂，HIS 和 HSV 颜色空间中的 H 和 S 均为 R、G、B 的非线性变换，存在奇异点，在奇异点附近即使 R、G、B 的值有很小的变化也会引起变换值有很大的跳动，并且在亮度值和饱和度较低的情况下，采用 HIS 或者 HSV 颜色空间计算出来的 H 分量是不可靠的。国际无线电咨询委员会(CCIR)提出在彩色空间中使亮度信息独立于色度信息，彩色空间由 3 个基组成 Y，Cb 和 Cr，彩色空间的 Y 是亮度分量，Cb 和 Cr 分别是蓝色色度分量和红色色度分量。从 RGB 颜色空间到 YCbCr 颜色空间的转换公式如下。

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.257 & 0.504 & 0.098 \\ -0.148 & -0.291 & 0.439 \\ -0.439 & -0.368 & -0.071 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

基于 YCbCr 颜色空间中色度分量和亮度分量相互独立、YCbCr 颜色空间与 RGB 颜色空间存在一种线性变换关系、转换较为简单这些特点，因此选择 YCbCr 颜色空间。

1.3　Fisher 线性判别分析

Fisher 线性判别分析[8]是模式分类问题中最常用的特征提取方法之一。Fisher 线性判别分析的主要原理是对样本数据做线性投影，使投影后数据的类间离散度达到最大而类内离散度达到最小，所使用的线性投影轴称为判别向量，若干个判别向量合在一起构成判别向量集。Fisher 判别函数定义如下[9]。

$$J_F(w) = \frac{w^T S_b w}{w^T S_w w}$$

其中 S_b 和 S_w 分别表示样本的类间协方差矩阵和类内协方差矩阵，当向量 w 使得判别函数 $J_F(w)$ 达到最大时，向量 w 称为判别向量。

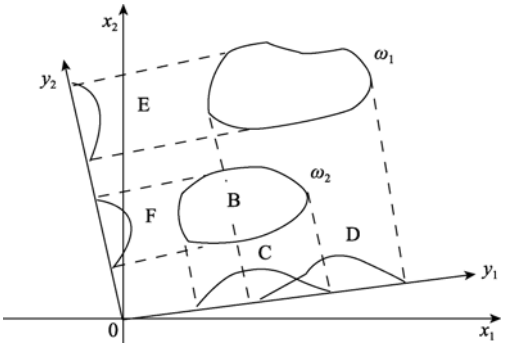


图 1　二维特征向量的线性投影

Fig. 1　Linear projection of two-dimensional eigenvectors

图 1 是将二维特征向量对 Fisher 判别分类方法的示意图，设只有 ω_1 和 ω_2 两类，将这两类投影到某条直线上，当投影结果在这条直线上类间离散度和类内离散度之比达到最大时，即判别函数达到最大，则该直线就是判别向量，图 1 中 y_2 这条直线就是判

别向量。最后通常根据投影结果，计算出各类在判别空间的质心位置，再利用最邻近或最小距离分类器进行分类。

1.4 贴标签

如果破坏棉花的边界信息，会对后面确定棉花空间位置造成误差，所以选取贴标签的方法去噪，可以自适应去噪声。贴标签处理时对二值图像的每个不同的连通域进行不同的编号，来区分不同的连通域。在二值图像中，不同的对象被不同的整数值来标记。

本文棉花分割图像方法的步骤如下。

步骤 1: 选取几幅典型图像作为样本图像，对图像中各个对象进行分类，在 HSV、HIS 和 YCbCr 颜色空间下，分别对每类选取一定量能代表该类颜色信息的像素值作为样本数据。

步骤 2: 根据上步的样本数据，计算出 Fisher 判别向量和每类样本数据在该向量上投影结果的质心。

步骤 3: 在 HSV、HIS 和 YCbCr 颜色空间下，根据离质心最近的原则对测试图像进行分类，只留目标类，选取分割噪声较低的颜色空间。

步骤 4: 利用贴标签的方法标记分割后图像的所有连通区域，根据系统设定一阈值，进行去噪，完成分割操作。

2 结果与分析

2.1 提取 HSV、HIS 和 YCbCr 颜色空间样本值

由于同一地域同一时期的棉田的自然环境几乎完全一样，棉田中的对象主要是: 棉絮、棉荚、棉叶、棉枝、棉株和土壤。根据它们的色差分类，棉絮为第 1 类，就是我们的目标类，土壤为第 3 类，其他的为第 2 类。利用 MatlabR2009a 工具，分别在 HSV、HIS 和 YCbCr 颜色空间下从 10 幅典型样本图像中对每类选取 20 个相同位置的像素值，一共 3×60 个像素值。如表 1 所示(因篇幅限制只列出 YCbCr 颜色空间下各类的 10 个像素值)。

表 1 YCbCr 颜色空间下棉花图像中各类的像素值

Table 1 Pixel values of all categories in sample cotton images in YCbCr color space

序号 No.	第 1 类 The first class			第 2 类 The second class			第 3 类 The third class		
	Y	Cb	Cr	Y	Cb	Cr	Y	Cb	Cr
1	201	129	127	122	111	143	118	121	133
2	189	130	126	106	103	149	114	123	132
3	135	133	125	48	124	135	104	123	132
4	159	135	124	23	126	127	110	123	130
5	107	123	132	88	122	135	124	119	136
6	117	128	130	129	105	147	105	123	132
7	125	128	128	41	124	133	114	120	134
8	213	130	126	63	118	139	115	122	132
9	142	137	124	41	123	132	103	121	133
10	116	132	127	55	123	134	108	124	130

2.2 利用 Fisher 判别分析分类

根据采集的 3 种颜色空间下的样本像素值，分别计算出 Fisher 判别向量和样本投影结果各类的质心，利用距离质心最近的原则对棉花图像进行分类，从而把棉花区域分割出来(图 2)。可以明显看出在 YCbCr 颜色空间下分割的噪声最小，HIS 颜色空间

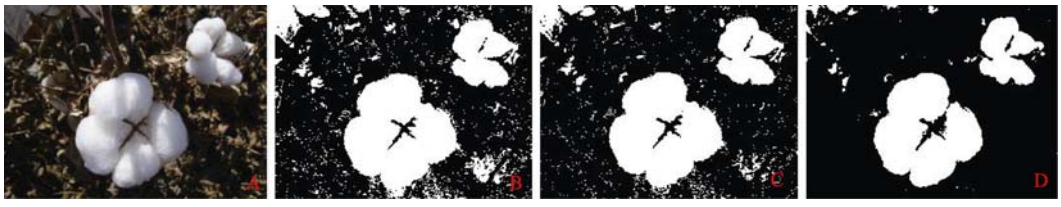


图 2 棉花图像在 3 种颜色空间下经过 Fisher 判别分割效果

Fig. 2 Image segmentation results by fisher discriminant in three color spaces

A: 原始图像; B: HSV 颜色空间; C: HIS 颜色空间; D: YCbCr 颜色空间。

A: original image; B: HSV color space; C: HIS color space; D: YCbCr color space.

比 HSV 颜色空间分割后的噪声小一点，同时验证了颜色空间选择的正确性。

2.3　贴标签去噪

在分割后的二值图像中，会有一部分被误认为是棉花的背景像素(棉花区域外的噪声)，还有一部分是被误认为是背景的棉花区域的像素(棉花区域内的噪声)。选取分割噪声较小的 YCbCr 颜色空间进行贴标签去噪，其步骤如下。

步骤 1: 对分割后的二值图像用贴标签的方法对其像素为 1 的连通区域进行标记。

步骤 2: 根据系统设定的采摘范围和摄像机的像素值来确定一个阈值 T_1，如果步骤 1 中的已标记的连通区域面积小于 T_1，则将该连通区域的所有像素置为 0，否则保留该连通区域。这样就把棉花区域外的噪声和采摘范围外的棉花都去除掉了。

步骤 3: 将步骤 2 得到的图像进行取反色操作，这样就把棉花区域内部的噪声和背景的像素置为 1，再对去反色后的图像用贴标签的方法标记棉花内部的噪声，只保留已标记连通区域的面积最大的一个(背景区域)，将其他的连通区域所有像素置为 0。

步骤 4: 对步骤 3 得到的二值图像再次做反色处理，得到最后的分割图像。

对图 2-D 去噪处理的结果如图 3 所示。

利用本文方法对其他 2 种典型测试图像进行分割的结果如图 4 和图 5 所示，都能够准确将棉花分割出来。

3　讨论

Fisher 判别分析的好坏关键在于样本集选取的精度和在降维过程中样本特征信息的损失程度，为了提高 Fisher 判别分析的抗噪能力和分割的精确度，所以在选取样本时应尽量将每个对象的所有颜色信息都选取到，而不是在于样本数据量的多少。

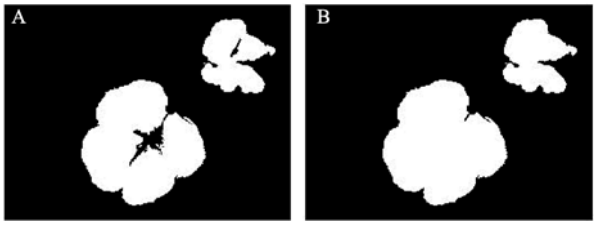


图 3　分割效果
Fig. 3　Image segmentation results
A: 去除棉花区域外的噪声; B: 去除棉花区域内的噪声。
A: remove noise outside cotton region; B: remove noise inside cotton region.

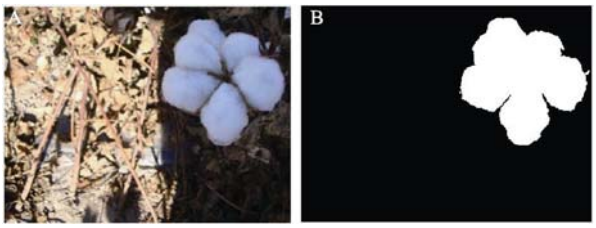


图 4　棉花在阴影下而背景在阳光直射下的情况
Fig. 4　Background exposed to direct sunlight and cotton in the shadow
A: 原始图像; B: 分割结果图像。
A: original image; B: image results.

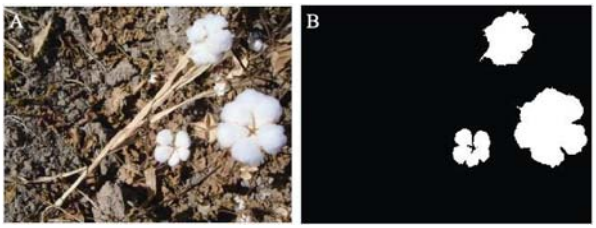


图 5　背景和棉花均被阳光直射的情况
Fig. 5　Background and cotton exposed to direct sunlight
A: 原始图像; B: 分割结果图像
A: original image; B: image results.

文献[7]通过大量样本像素验证了 HIS 和 L*a*b*颜色空间的噪声，其噪声要低于 RGB 和 Hunter 颜色空间，而本文通过 Fisher 判别分析的方法来分割棉花图像，验证了 YCbCr 颜色空间在棉花分割中的噪声低于 HIS 和 HSV 颜色空间的噪声。图 2-A 在 HSV、HIS 和 YCbCr 颜色空间下的结果如图 6 所示，可以看出棉花中的十字架附近的棉絮是处在阴影中，该区域在 HIS 和 HSV 颜色空间下的颜色跟背景区域颜色比较接近，而在 YCbCr 颜色空间下整个棉絮区域与背景区域有明显的差异。所以如果在此颜色空间下利用分类的方法，得到的目标类(棉花区域)离散度应该最小，从而消除了阳光直射和阴影的干扰，此颜色空间更适合用空间几何距离测量小的色差。同时也证明了选择 YCbCr 颜色空间的优越性。

用同样的样本数据，在 YCbCr 颜色空间下分别采用 Fisher 判别分析和 SVM 判别分析得到的结果如图 7 所示。通过观察图 7-A~B 可以看出 Fisher 判别分析方法的分割噪声要比 SVM 判别分析的小得多。Fisher 判别分析的判别函数考虑到了类间距达到最大和类内距达到最小，而 SVM 的判别函数只考虑了类间距最大，所以没有 Fisher 判别分析精度高，而且 Fisher 判别分析的计算速度要比 SVM 判别分析快。所以该方法从数理统计的角度出发，与其他方

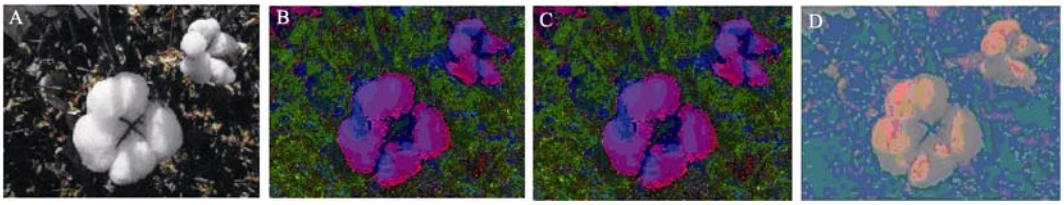


图 6 4 种颜色空间下的样本图像
Fig. 6 Sample images in four color spaces
A: RGB 颜色空间; B: HSV 颜色空间; C: HIS 颜色空间; D: YCbCr 颜色空间。
A: RGB color space; B: HSV color space; C: HIS color space; D: YCbCr color space.

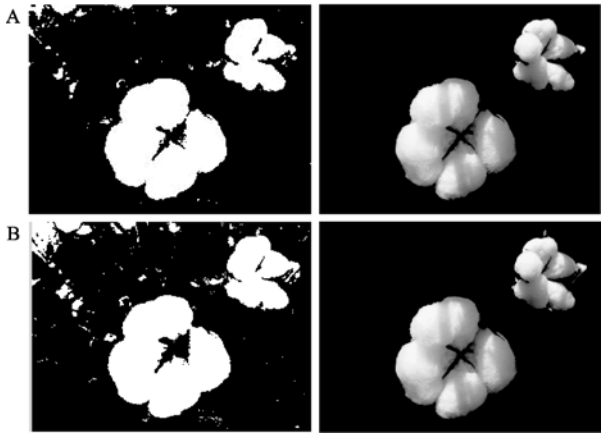


图 7 Fisher 和 SVM 判别分析结果的比较
Fig. 7 Comparison of results based on Fisher and SVM discriminnat methods
A: Fisher 判别分析结果; B: SVM 判别分析结果。
A: segmentation result by Fisher discriminant; B: segmentation result by SVM discriminant.

法相比，具有理论性强、判别速度快、成功率高的优点。

选择 YCbCr 颜色空间和采用 Fisher 判别分析的同时，为了保证边界信息的完整，采用的贴标签的方法去噪。图 2-A 中的棉花部分是太阳光直射下和部分在阴影下的情况，图 4-A 中的棉花是完全在阴影下，而背景大部分是受阳光直射的的情况，图 5-A 中的棉花是完全在太阳光直射的情况，从图 3-B、图 4-B 和图 5-B 分割结果可以看出，无论是正面还是侧面，无论阳光和阴影怎么干扰，都可以准确地将棉花割出来，说明本方法的有效性，克服了前人研究的不足之处，提高了棉花的分割效果和准确度。

4 结论

YCbCr 颜色空间比 HSV、HIS 颜色空间更适合用颜色空间距离表示色差，选用 YCbCr 颜色空间并采用 Fisher 线性判别分析方法分割图像和贴标签方法去噪，有效避免了阳光直射和阴影的干扰，分割准确率为 90.44%，如果合理选择样本值，可以提高准确率。对于不同时期不同地域的棉田，自然环境是不同的，可因时因地来选择样本值，再采用本文的方法进行分割。

References

[1] Wang L(王玲), Ji C-Y(姬长英). Technical analysis and expectation for cotton harvesting based on agricultural robot. *Cotton Sci* (棉花学报), 2006, 18(2): 124–128 (in Chinese with English abstract)

[2] Zhang Y-J(章毓晋). Image Enginerring (II) Image Analysis [图像工程(中册)图像分析], 2nd edn. Beijing: Tsinghua University Press, 2005. pp 73–105(in Chinese)

[3] Wang Y(王勇), Shen M-X(沈明霞), Ji C-Y(姬长英). Model and analysis of ripe cotton color for different parts in picking period. *Trans CSAE* (农业工程学报), 2007, 23(4): 183–185 (in Chinese with English abstract)

[4] Wang Y(王勇), Shen M-X(沈明霞), Ji C-Y(姬长英). Using color data and shape properties for cotton fruit recognition. *Transact Chin Soc Agric Machinery* (农业机械学报), 2007, 38(11): 77–79, 87 (in Chinese with English abstract)

[5] Wang L(王玲), Wang P(王萍), Chen B-L(陈兵林), Liu S-J(刘善军), Ji C-Y(姬长英). Image segmentation technique of field cotton based on color threshold. *Acta Agron Sin* (作物学报), 2010, 36(3): 502–507 (in Chinese with English abstract)

[6] Wei J-D(韦皆顶), Fei S-M(费树岷), Wang M-L(汪木兰), Yuan J-N(袁建宁). Research on the segmentation strategy of the cotton images on the natural condition based upon the HSV color-space model. *Cotton Sci* (棉花学报), 2008, 20(1): 34–38 (in Chinese with English abstract)

[7] Chen G(陈果). The image's segmentation by threshold based on Fisher function. *Chin J Sci Instrum* (仪器仪表学报), 2003, 24(6):

564–567 (in Chinese)

[8] Fisher R A. The use of multiple measurements in taxonomic problems. *Annals Eugenics*, 1936, 7: 179–188

[9] Duchene J, Leclercq S. An optimal transformation for discriminant and principal component analysis. *IEEE Trans Pattern Analysis Machine Intelligence*, 1988, 10: 978–983

欢迎订阅 2012 年《作物学报》

《作物学报》(月刊)是中国科学技术协会主管、中国作物学会和中国农业科学院作物科学研究所共同主办、科学出版社出版的有关作物科学的学术期刊。前身可追溯到 1919 年 1 月中华农学会创办的《中华农学会丛刊》，后相继改名为《中华农林会报》、《中华农学会报》、《中国农业研究》和《农业学报》，1962 年改为现名《作物学报》。主要刊登农作物遗传育种、耕作栽培、生理生化、生态、种质资源、谷物化学、贮藏加工以及与农作物有关的生物技术、生物数学、生物物理、农业气象等领域以第一手资料撰写的学术论文、研究报告、简报以及专题综述、评述等。办刊宗旨是为繁荣我国作物科学技术、促进国内外学术交流和加速我国的农业现代化建设服务。读者对象是从事农作物科学研究的科技工作者、大专院校师生和具有同等水平的专业人士。

《作物学报》从 1999 年起连续 12 年获“国家自然科学基金重点学术期刊专项基金”的资助。2006—2011 年连续 6 年获“中国科协精品科技期刊工程项目(B 类)”资助。从 2002 年起连续 9 年被中国科技信息研究所授予“百种中国杰出学术期刊”称号。2011 年获第二届中国出版政府奖期刊奖提名奖, 2005 年获“第三届国家期刊奖提名奖”。2009 年被中国期刊协会和中国出版科学研究所授予“新中国 60 年有影响力的期刊”称号。据北京大学图书馆编著的《中文核心期刊要目总览》(2004 和 2008 年版)登载, 《作物学报》被列在“农学、农作物类核心期刊表”的首位。2008 年被中国科学技术信息研究所授予“中国精品科技期刊”称号。2009 年和 2011 年被武汉大学中国科学研究评价中心授予“中国权威学术期刊(A+)”称号。

《作物学报》被多个国外重要数据库和检索系统收录，如：联合国粮农组织(FAO)的 AGRIS 数据库、美国《生物学文摘》(BA)、英国国际农业与生物中心(CABI)的《农业与生物科学研究中心文摘》(CABA)和《全球健康》(Global Health)数据库、美国《化学文摘》(CA)、美国《剑桥科学文摘》(CSA)、日本科学技术社数据库(JST)、俄罗斯《文摘杂志》(AJ of VINITI)、英国《食品科技文摘》(FSTA)、美国《乌利希期刊指南》(Ulrich PD)和波兰哥白尼索引(Index of Copurnicus)等。

在国内，收录《作物学报》的重要数据库和检索系统有：中国科技论文与引文数据库、中国科学引文数据库、中文科技期刊数据库、中国核心期刊(遴选)数据库、中国学术期刊综合评价数据库、中国科技期刊精品数据库、中国期刊全文数据库、中国农业科技文献数据库、中国生物学文献数据库、《中国学术期刊文摘》、《中国生物学文摘》、《中国农业文摘》等。

《作物学报》为完全开放存取期刊(Open Access Journal)，建有独立网站和全文数据库。向读者免费提供“最新录用”、“下期”、“当期”及自 1962 年创刊号起“过刊”的全文(PDF 格式)，网上全文比印刷版本提前 2 个月。本刊网站具有“作者在线投稿”、“专家在线审稿”、“作者在线查询”等功能，目前从收稿、审稿到修改稿均在线传送，大部分编辑流程在网上进行。

2012 年《作物学报》定价 50 元/册，全年 600 元。可通过全国各地邮局订阅，刊号：CN 11-1809/S，邮发代号：82-336。也可向编辑部直接订购。

地址：北京市海淀区中关村南大街 12 号 中国农业科学院作物科学研究所《作物学报》编辑部(邮编 100081)

电话：010-82108548；传真：010-82105793；网址：http://www.chinacrops.org/zwxb/

E-mail: zwxb301@mail.caas.net.cn; xbzw@chinajournal.net.cn