

基于机器视觉的黄瓜等级自动判别研究

付彤, 雷金辉* (昆明理工大学信息工程与自动化学院, 云南昆明 650500)

摘要 通过机器视觉研究黄瓜的形态特性, 建立黄瓜量化分级评判标准, 并总结出提取黄瓜特征值的理论算法。用 Matlab 软件实时采集读取 CCD 摄像机视频图像, 再利用 Matlab 图像处理功能对采集到的图像进行图像滤波、图像分割处理, 提取基于数学理论的表征黄瓜等级的特征值, 建立人工神经网络的等级判别模型, 训练神经网络, 并进行泛化检测。结果表明, 该等级判别模型的精度高达 91.7%, 具有一定的市场价值。

关键词 特征值; CCD 摄像机; 图像分割; 人工神经网络

中图分类号 S5-39 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)16-256-05

Automatic Identification of Cucumber Level Based on Machine Vision

FU Tong, LEI Jin-hui* (College of Information Engineering and Automation, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan 650500)

Abstract Based on machine vision, morphological characteristics of cucumber were researched. Cucumber quantitative classification criteria were established. Theoretical algorithm of cucumber extraction eigenvalue was summarized. Matlab software was used to collect and read CCD camera video image. Image filtering and image segmentation of collected images was carried out by Matlab image processing function. Eigenvalue characterized the cucumber level was extracted based on mathematical theory. Level discriminant model of artificial neural network was established. The neural network training and testing were carried out. Results showed that the precision degree reached 91.7% and the model was of certain market value.

Key words Eigenvalues; CCD camera; Image segmentation; Artificial Neural Networks

黄瓜的筛选是产后处理的一个重要环节^[1]。目前, 我国尚未形成工业化的农作物产后处理体系。相较人工筛选, 工业化的智能筛选具有客观、高效率、不造成机械损伤、自动分级拣选等优点^[2]。因此, 研究对黄瓜等级进行自动判别具有极大的现实意义和社会经济价值。从国内外的研究现状来看, 主要采用图像处理技术及机器视觉等方法。如 Ariana 等^[3]采用高光谱图像检测了黄瓜收获中的机械损伤, 发现 950~1 350 nm 波段最适合黄瓜的机械损伤检测; 王红永等^[4]提出了对黄瓜等级判定的理论分析。

从国内外的研究现状来看, 目前对于黄瓜的自动化分类仍处于理论研究阶段, 主要依赖于黄瓜的长度、宽度、弯曲度来划分其优劣^[5-6]。笔者在现有的基础上, 综合机器视觉、神经网络等方法, 以黄瓜的 6 个一般特征值及一个加权特征值为分类依据, 实现对黄瓜的自动化分类, 并通过试验验证了该方法的可用性和准确性。

1 总体研究方案

该研究主要分 3 个步骤进行, 研究方案流程见图 1。

(1) 图像理论分析阶段。基于图像处理技术, 对黄瓜进行图像采集、图像分割等处理, 得到试验所需要的黄瓜图像。

(2) 特征模型建立阶段。对黄瓜 6 个基础特征值及一个加权特征值进行提取, 再通过 BP 神经网络的训练, 进行黄瓜特征模型的分级。

(3) 试验结果验证阶段。将 BP 神经网络的输出节点得到的结果与人工筛选黄瓜的结果进行对比, 对试验结果进行验证和分析。

作者简介 付彤(1992-), 男, 四川达州人, 硕士研究生, 研究方向: 农业信息化与自动化。* 通讯作者, 教授, 硕士生导师, 从事信息工程与自动化研究。

收稿日期 2016-04-30

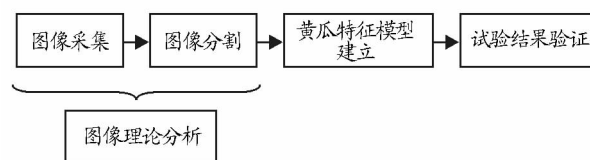


图 1 基于机器视觉的黄瓜等级自动判别研究方案流程

Fig. 1 Research plan process of automatic identification of cucumber level based on machine vision

2 图像理论分析

2.1 图像采集 黄瓜的自动分级处理研究的核心是基于机器视觉的计算机图像处理技术^[7]。图像采集则是整个研究试验的基石工程, 图像本身的质量与特点将会影响图像处理过程的难易程度和处理数据的真实性。试验中, 模拟工业自动化中物品传送带传输模式, 实时记录移动过程中的黄瓜视频, 选取特定位置处的一帧黄瓜图像作为后续处理的源图像。最大限度模拟实际生产中图像采集过程, 以保证图像信息的真实性和实用性。

图像处理时需要通过图像阈值对采集到的图像进行图像分割^[8], 所以在拍摄中要选择的合适的照明装置, 避免光源的强度和光色使图像产生高光点或者区域性失真, 适宜选用光色偏暖的白色光源, 试验选用 4 W 的白色荧光灯。在布置光源时, 在拍摄箱内部的 4 个顶角处各安装一个白色荧光灯, 来避免在背景上留下黄瓜的影子。CCD 摄像头则安装在采集箱的顶部, 高度可以上下调节, 保证拍摄到的黄瓜图像没有暗点及高光点的效果。

对黄瓜 RGB 图像 3 个通道的数据分析结果见图 2。由图 2 可知, 一般黄瓜图像的 R、G、B 这 3 个通道的像素值均在 170 以下。黄瓜图像的绿色像素值最大, 为获得目标区域与背景颜色差异较大的原图像, 背景色宜选择红色(红色为绿

色的补色),实物标定标尺选用蓝色。图像各区域颜色差异 很好。
较大,为图像分割处理降低难度,分割出来的图像效果也

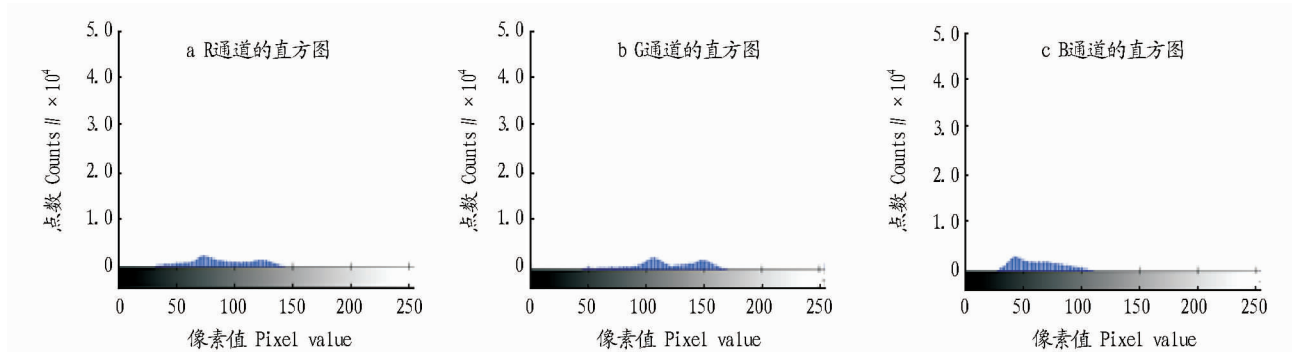


图2 黄瓜 RGB 图像的 3 个通道数据分析结果

Fig. 2 Analysis results of the three passages data of cucumber RGB image

2.2 图像分割 拍摄到的图像可以分为 3 部分:黄瓜图像、标尺图像和背景图像^[9]。黄瓜图像是提取图像特征参数的主体部分,标尺是用来检测判定黄瓜实际长度基准线,所以要将这 2 部分从原图像中分割出来,以用于后续的特征参数提取。

采集到的图像中黄瓜区域以绿色为主,背景区域为红色,标定物则是选择蓝色。分析 RGB 彩色图的 G 通道直方图可知,像素值高的部分对应图中黄瓜区域,背景与标定物

区域则像素较低;同样,RGB 彩色图的 R 通道中像素高的部分对应图中背景区域,低像素部分则为黄瓜与标定物区域。根据图像中具有的这种特殊性,该研究以双峰法为基础对黄瓜 RGB 彩色图的 R、B 单色通道进行图像分割,其优点在于方法简单,效果明显。再通过旋转算法,得到标准的二值黄瓜图形。具体步骤如下。

(1)图像分割。通过双峰法,将黄瓜图像和标尺图像从整体图像中分割出来^[10],结果见图 3。

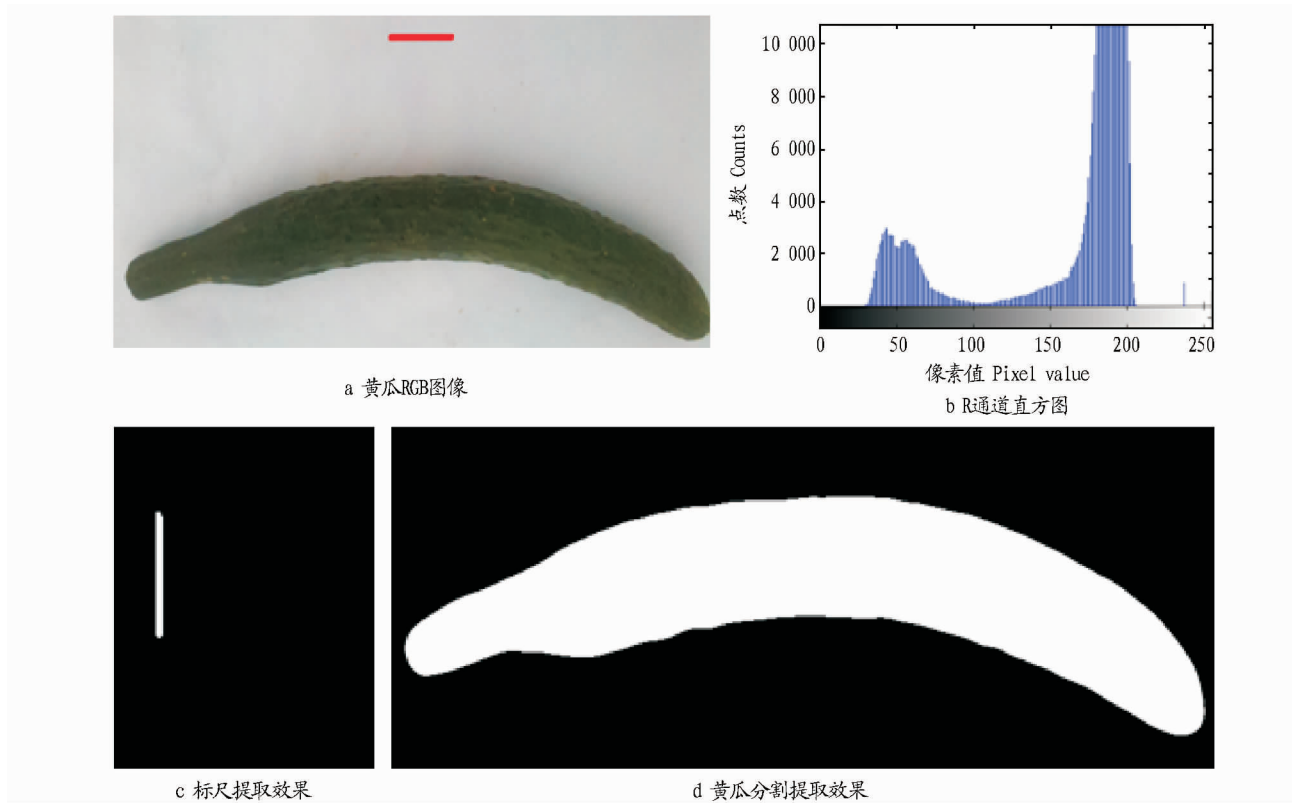


图3 基于双峰法的黄瓜图像和标尺图像分割效果

Fig. 3 Segmentation effects of cucumber image and scale image based on two-peak method

(2)图像旋转。图像采集时,黄瓜位置是随机的,而且黄瓜本身就存在不同程度的弯曲^[11]。基于此种情况,在提取黄瓜特征参数之前,需要在不影响黄瓜形态特征的前提下,移动旋转黄瓜目标区域,方便后续特征参数提取。作黄瓜区

域对应图形的最小外接矩形,计算出二值图像外接矩形的长宽,根据预定设计求出较长边与图像坐标轴的角度,该角度即是图像旋转角度。矩形的边长可以根据两点间的直线距离公式求得:

$$l = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \tag{1}$$

矩形 4 个角的坐标保存在 rectx、recty 中。设计中要保证矩形的长边与图像的纵坐标平行,故要求取长边所在直线的斜率,斜率公式为:

$$k = (y_1 - y_2) / (x_2 - x_1) \tag{2}$$

然后进行反三角运算,公式为:

$$\alpha = \arctan(k) \tag{3}$$

以此将任意的黄瓜图像旋转至标准图像(图 4)。



图 4 旋转后的黄瓜二值图像

Fig. 4 Binary image of cucumber after rotation

3 黄瓜特征模型的建立

3.1 黄瓜模型特征值的提取 黄瓜属于长型瓜果,其特征描述较为复杂,由实际长度、宽度、弯曲度、均匀度组成,其中均匀度和弯曲度是其极为关键的判别标准^[12-14]。计算机无法直接对其图像进行判别和分类,必须从图像中抽离参数,建立黄瓜轮廓特征模型。黄瓜特征参数提取的操作步骤如下。

(1) 如图 5,黄瓜径向长度为 H ,分别求取径向长度为 $0.2 H$ 、 $0.3 H$ 、 $0.5 H$ 、 $0.7 H$ 、 $0.8 H$ 处的 5 个点,并求取这些点对应的黄瓜的横向宽度值,分别为 W_1 、 W_2 、 W_3 、 W_4 。由图 5 可知, $0.5 H$ 为黄瓜的径向长度中间点,可以设定该点对应的黄瓜宽度 W 作为黄瓜自身宽度均匀性判别的参考值,通过与其他点宽度求取比值确定整个黄瓜粗细均匀度的特征参数。

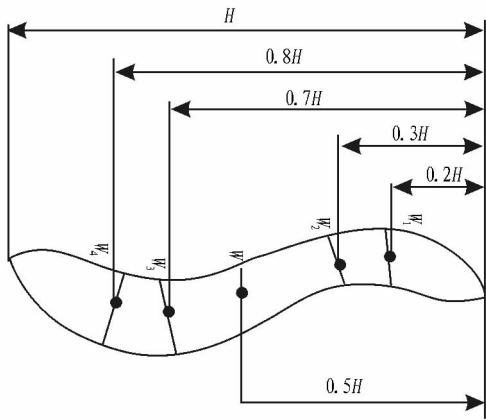


图 5 黄瓜横向宽度示意

Fig. 5 Schematic diagram of horizontal width of cucumber

对二值图像对应的数组进行数学运算,找出特定行的最大和最小列值,并求取差值,该差值即为该点对应的黄瓜宽度,类推求取多点处的宽度后再进行比值运算得到:

$$F_1 = W_1 / W; F_2 = W_2 / W; F_3 = W_3 / W; F_4 = W_4 / W \tag{4}$$

根据公式(4)计算得到反映黄瓜整个宽度均匀性的特征参数。

(2) 提取出黄瓜二值图像中位于两边边缘中心处的所有点,这些点描绘出的图形即可反映出黄瓜弯曲度^[15]。如图 6,分别在 0 、 $0.25 H$ 、 $0.50 H$ 、 $0.75 H$ 、 $1.00 H$ 处取点为 A 、 B 、 C 、 D 、 E 。求取 AB 、 BC 、 CD 、 DE 、 AE 5 段几何距离,通过这几段几何距离的比值就可得到黄瓜弯曲特征值参数。通过数学运算处理能分别求出 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 、 L ,而设定黄瓜的弯曲特征参数为:

$$F_5 = L / (L_1 + L_2 + L_3 + L_4) \tag{5}$$

黄瓜的粗细特征参数为:

$$F_6 = W_3 / (L_1 + L_2 + L_3 + L_4) \tag{6}$$

根据公式(5)、(6)可以得到判定黄瓜等级的特征值。

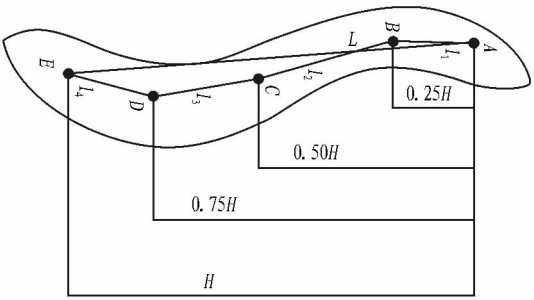


图 6 黄瓜弯曲特性测取示意

Fig. 6 Schematic diagram of bending properties of cucumber

3.2 BP 神经网络分级模型的建立 该研究属于分类问题,使用 BP 算法的神经网络处理这类问题非常方便,鉴于此,研究中使用了 BP 神经网络训练分级模型,BP 神经网络分级示意图见图 7。

该研究选择 2 层的 BP 网络,为了减少网络规模,增加了一个隐藏层。其输入节点数为特征参数数量所决定,即为 6 个,所以输入端为一个 6N 的向量, N 为训练时样本图像数量。经过试验,隐藏层节点数为 10 个时,系统的分层效果较好,输出层的节点为 2 个(用于表示 3 种等级状态),如图 8 所示。对应将黄瓜划分的 3 个等级(优等品、一等品、二等品),用二维数组 $[0;1]$ 、 $[1;0]$ 、 $[1;1]$ 分别表示它们的神经网络输出口。

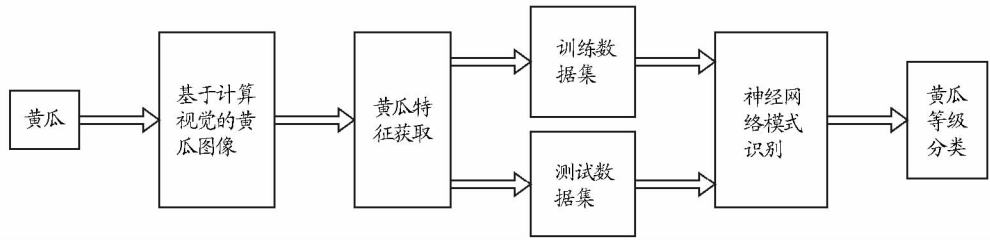


图 7 神经网络分级示意

Fig. 7 Schematic diagram of neural network classification

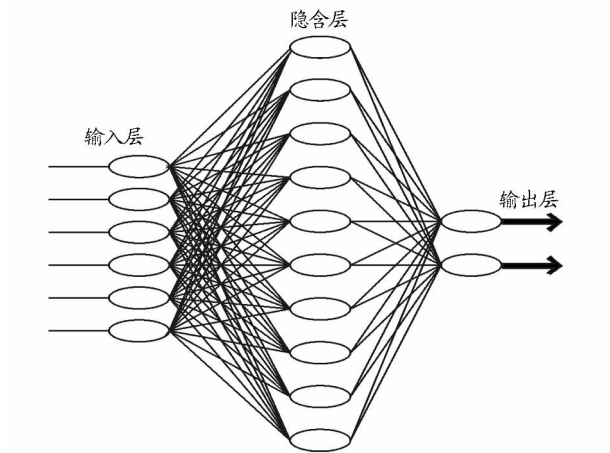


图8 黄瓜分级神经网络结构

Fig. 8 Structure of neural network of cucumber classification

基于BP网络分类的神经网络训练的标准是参考《中华人民共和国农业行业标准》(NY/T 1587-2008)黄瓜等级规格而分级定位的,见表1。

神经网络是由人工挑选出的30根,并均分为优等品、一等品、二等品三类的样本黄瓜特征参数所训练而成的。在神

表1 黄瓜等级分类标准

Table 1 Classification standard of cucumber level		
序号 Code	等级 Level	要求 Requirement
1	优等品	在同一品种内的黄瓜中,粗细均匀,弯度不超过1.5 cm,长度不低于35.0 cm,色泽和鲜度品质良好,无病虫害
2	一等品	在同一品种内的黄瓜中,粗细较均匀,弯度不超过3.0 cm,长度不低于28.0 cm,鲜度品质良好,无病虫害
3	二等品	在同一品种内的黄瓜中,属于较细且弯曲度较大、畸形,弯度超过3.0 cm,长度低于等于28.0 cm,过熟,有疤痕

经网络的基础上,为了保证试验结果的精确性,必须加入黄瓜实际长度这个特征参数。因此,运用加权算法原理,得到最终的判定标准。

4 试验结果验证

神经网络以及整个设计系统的性能需要通过实际应用来评定。重新选择12根黄瓜,用作系统测试的样本。这12根黄瓜中经过人工的分类情况为:优等品3根,一等品3根,二等品6根。12根待分级黄瓜特征数据见表2。

表3是系统自动分级和人工分级结果的比较。由表3

表2 带分级黄瓜的特征数据

Table 2 Characteristic data of leveled cucumber

序号 Code	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	L_5
1	0.923 1	1.028 8	0.971 2	0.971 2	0.981 6	0.100 0	37.516 8
2	0.980 0	1.020 0	1.090 0	1.070 0	0.988 6	0.098 3	37.229 5
3	0.968 1	1.000 0	1.074 5	1.095 7	0.971 0	0.095 6	37.720 0
4	1.028 8	1.125 0	0.875 0	0.894 2	0.966 9	0.111 6	30.327 0
5	0.928 6	0.982 1	1.062 5	1.142 9	0.969 8	0.121 4	28.700 0
6	1.018 2	1.036 4	1.027 3	1.100 0	0.990 2	0.120 1	30.584 7
7	1.323 1	1.184 6	1.015 4	1.169 2	0.758 6	0.124 4	24.539 3
8	0.917 9	1.074 6	0.858 2	0.694 0	0.831 6	0.173 0	21.256 9
9	1.016 8	0.991 6	1.117 6	1.193 3	0.869 3	0.121 7	26.156 2
10	1.168 5	1.078 7	0.921 3	0.853 9	0.967 9	0.180 6	14.394 2
11	1.122 2	1.077 8	0.966 7	0.922 2	0.985 9	0.183 7	13.603 3
12	1.098 9	1.065 9	0.923 1	0.879 1	0.998 5	0.192 1	13.448 0

注: L_5 为黄瓜实际长度。
Note: L_5 was the actual length of cucumber.

可知,人工分级的一等品第3根黄瓜由于比较均匀,弯曲度小,被计算机认为是优等品;其他判定结果都一致。总体来看,根据果实均匀性的特征参数、果实的弯曲特征参数、果实的粗细特征参数和果实的实际长度7个特征参数能完成对黄瓜的等级判别,其分级精度平均可达91.7%。产生误差的主要原因在于神经网络的训练样本不足。

5 结论

该研究综合应用了图像处理知识、神经网络理论,通过图像分割、图像特征参数提取,建立了模型识别的BP神经网络系统,并进行了验证,得到了以下结论。

(1)基于黄瓜的外形特征参数,用BP神经网络系统来进行模型识别,是可行的,其结果与人工分类相比,准确率高达91.7%。增加系统模型训练的输入样本参数,其准确率将会进一步提高。

(2)实际操作中要保证图像采集时光照均匀、色温适中,

表3 自动分级结果与人工分级结果比较

Table 3 Comparison between automatic classification result and artificial classification result

序号 Code	判定输出值 Output value of ident- ification	自动判定 分级结果 Classification res- ults of automatic identification	人工判定 分级结果 Classification res- ults of manual identification
1	1	优等品	优等品
2	1	优等品	优等品
3	1	优等品	优等品
4	2	一等品	一等品
5	2	一等品	一等品
6	1	优等品	一等品
7	3	二等品	二等品
8	3	二等品	二等品
9	3	二等品	二等品
10	3	二等品	二等品
11	3	二等品	二等品
12	3	二等品	二等品

使图像能最大程度地反映黄瓜真实颜色,提高判别结果的准确度。

参考文献

[1] 张宏军,于建新. 温室黄瓜早衰与再生根的培养[J]. 当代蔬菜,2006(12):34.

[2] 应以斌,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.

[3] ARIANA D,LU R. Detection of mechanical injury on pickling cucumbers using near - infrared hyper spectral imaging [J]. Computer and electronics in agriculture, 2006, 53:60-70.

[4] 王红永,曹其新,刘文秀,等. 基于神经网络的黄瓜等级判别[J]. 农业机械学报,1999,30(6):83-88.

[5] 袁挺,张俊雄,李伟,等. 基于机器视觉的非结构环境下黄瓜目标特征识别[J]. 农业机械学报,2009(8):170-174.

[6] 冯青春,袁挺,纪超,等. 黄瓜采摘机械臂结构优化与运动分析[J]. 农业机械学报,2010(S1):244-248.

[7] 方如明. 计算机图像处理与米的品质检测[J]. 农业工程学报,1992,

8(3):2299-2308.

[8] 李峰嵘,刘晓平,李自元,等. 图像分割多阈值法研究[J]. CT 理论与应用研究,2006(4):13-17.

[9] 张鹏,秦志伟,王丽莉,等. 黄瓜果实弯曲性遗传分析[J]. 东北农业大学学报,2010(1):29-33.

[10] 许晓丽,卢志茂,张格森,等. 改进近邻传播聚类的彩色图像分割[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2012,24(4):514-519.

[11] 赵静,何东健. 果实形状的计算机识别方法研究[J]. 农业工程学报, 2001,3(2):165-167.

[12] 张书慧,陈晓光,张晓敏,等. 苹果、桃等农副产品品质检测与分级图像处理系统的研究[J]. 农业工程学报,1999,15(1):201-204.

[13] 黄星奕,吴守一,方如明,等. 计算机视觉技术在大米胚芽识别中的应用[J]. 农业机械学报,2000,31(1):62-65.

[14] 应义斌,景寒松,马俊福. 利用计算机视觉进行黄花梨果梗识别的新方法[J]. 农业工程学报,1998,14(2):221-225.

[15] 王贺,白廷柱. 基于直觉模糊集的红外图像伪装评价研究[J]. 红外技术,2012(3):181-184.

(上接第 151 页)

2.2 毒芹、鳞柄白毒鹅膏菌的毒素粗提物及二者混合物对杨干象的毒力 分析鳞柄白毒鹅膏菌、毒芹毒素粗提物和二者复合物对杨干象 12、24、48、72 h 毒力,发现 3 种试剂的毒力方程均能用线性回归方程表达(表 2),表明在同一时间段内,试虫死亡率与试剂浓度呈正相关。

鳞柄白毒鹅膏菌毒素粗提物对杨干象 12、24、48、72 h 的 LC_{50} 分别是 106.720、72.525、56.008、44.089 mg/mL。毒芹毒

素粗提物对杨干象 12、24、48、72 h 的 LC_{50} 分别是 84.877、71.219、57.628、43.350 mg/mL。鳞柄白毒鹅膏菌和毒芹复合毒素粗提物对杨干象 12、24、48、72 h 的 LC_{50} 分别是 74.669、56.123、45.343、39.115 mg/mL。由此可见,随着时间的延长,鳞柄白毒鹅膏菌、毒芹毒素粗提物以及二者毒素粗提物复合物对杨干象的 LC_{50} 呈下降趋势,而在相同时间段内,二者毒素粗提物复合物对杨干象的 LC_{50} 均最小,说明鳞柄白毒鹅膏菌、毒芹二者毒素粗提物复合物毒性最大。

表 2 毒芹、鳞柄白毒鹅膏菌的毒素粗提物及二者混合物对杨干象的 LC_{50}

Table 2 Detection results of LC_{50} of toxin crude extracts of *A. virosa* and *C. viros* and the composite of the two on *C. lapathi*

时间 Time//h	鳞柄白毒鹅膏菌 <i>A. virosa</i>			毒芹 <i>C. viros</i>			二者复合物 Composite of the two		
	回归方程 Regression equation	R^2	LC_{50} mg/mL	回归方程 Regression equation	R^2	LC_{50} mg/mL	回归方程 Regression equation	R^2	LC_{50} mg/mL
12	$y=0.006x-0.173$	0.764	106.720	$y=0.009x-0.249$	0.729	84.877	$y=0.011x-0.419$	0.764	74.669
24	$y=0.009x-0.245$	0.807	72.525	$y=0.010x-0.257$	0.778	71.219	$y=0.014x-0.416$	0.838	56.123
48	$y=0.011x-0.195$	0.920	56.008	$y=0.012x-0.246$	0.875	57.628	$y=0.014x-0.343$	0.802	45.343
72	$y=0.012x-0.128$	0.929	44.089	$y=0.012x-0.145$	0.947	43.350	$y=0.014x-0.264$	0.803	39.115

3 结论与讨论

对鳞柄白毒鹅膏菌、毒芹毒素粗提物和二者复合物对杨干象 12、24、48、72 h 的毒力进行研究,试验所用毒素粗提物复合物是质量比为 100:1 的鳞柄白毒鹅膏菌与毒芹提取物,70 mg/mL 的复合药剂 48 h 即可达到 100% 的杀虫率。其中,鳞柄白毒鹅膏菌与毒芹提取物的复合物对杨干象的毒杀效果最好,对杨干象在 12、24、48、72 h 的 LC_{50} 分别是 74.669、56.123、45.343、39.115 mg/mL,复合物用量越大,杀虫效果越好。

利用毒芹和鳞柄白毒鹅膏菌的毒素粗提物复合物对杨干象进行毒杀试验,可以寻找更好的生物源杀虫剂配方,为微生物杀虫剂的开发提供新的理论依据。微生物源杀虫剂可以通过大规模扩繁得到,制作成本较低。微生物源杀虫剂属于低毒杀虫剂,对人畜及环境的影响小,可在城市周边大范围使用,具有较好的应用前景。杨干象为全世界普遍且对

树木危害较大的有害昆虫,对其进行生物源杀虫剂研究,旨在寻找一种新的安全有效且环境友好型的杀虫剂。在后续试验中,需要对该试验所采用的大型真菌和植物提取物的有效成分进行深入研究。

参考文献

[1] 吴香. 杨树柱干害虫杨干象的防治措施[J]. 农业与技术,2014(7):53.

[2] 苗建才,迟德富,李清宇,等. 氧乐果微胶囊剂的制备及防治杨干象的研究[J]. 东北林业大学学报,1990(4):35-42.

[3] 尚海庆,王振. 不同施药方法防治杨干象效果比较[J]. 安徽农业科学, 2009(35):17557-17558.

[4] 陈琳,崔阳,杨绍斌. 褐鳞环柄菇毒素粗提物对二斑叶螨的毒性研究[J]. 广东农业科学,2011(22):71-72.

[5] 唐冠忠. 杨干象综合防治技术研究[J]. 河北林业科技,2005(2):1-3.

[6] 许国民,王树国,贾喜棉. 杨干象几种防治方法的效果对比[J]. 河北林果研究,2009(1):57-60.

[7] 林国玉,杜国兴. 浅谈杨干象防治技术[J]. 黑龙江科技信息, 2014(1):272.

[8] 卯晓岚. 中国大型真菌[M]. 郑州:河南科学技术出版社,2000.