

# 基于证据理论的柑桔营养缺素诊断专家系统研究

孔娟娟 (安徽省农业科学院情报研究所, 安徽合肥 230031)

**摘要** 根据专家和各种文献资料中关于柑桔营养缺素诊断的知识, 采用雄风4.1 专家系统开发平台和证据理论作为不精确推理模型, 研制出了柑桔营养缺素诊断专家系统。

**关键词** 柑桔; 营养诊断; 证据理论; 专家系统

中图分类号 S11<sup>+</sup>4 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2006)17-4500-02

专家系统可以有效解决农业生产管理问题, 完善农业生产管理技术体系。因而, 对于柑桔营养缺素诊断这个问题, 专家系统是解决该问题的新技术和新途径。由于在进行柑桔营养缺素诊断时必然会利用到很多不精确的元素, 所以必须选择一种不精确推理模型, 笔者采用的是证据理论来实现系统的不精确问题求解。

## 1 证据理论

证据理论以信度函数和向量作为证据和规则的不精确描述参量, 以证据理论的组合规则和可信度传播公式作为不精确性的传播算法。

按照DS 证据理论的要求, 建立识别空间  $U = \{X_1, X_2\}$ 。假设  $X_1$ : 证据可信;  $X_2$ : 证据不可信。有意义的幂集元素有  $\{X_1\}$ 、 $\{X_2\}$ 、 $X_3$  个元素, 其中元素  $X$  表示对假设的不了解程度(亦即无知)。

在该系统中按表1 指派基本概率分配函数。

表1 缺素症状可信度初始分配

发生部位	症状表现	症状程度	可信度 $m(x_1)$	不可信 $m(x_2)$	不确定 $m(x)$
叶	均匀失绿、黄白	很明显	0.70	0.20	0.10
		明显	0.65	0.25	0.10
	新梢细而短	较明显	0.60	0.25	0.15
		轻	0.50	0.30	0.20
枝梢	新梢细而短	重	0.60	0.25	0.15
		较重	0.55	0.30	0.15
		一般	0.50	0.30	0.20

如已知下面这条规则:

IF 发生叶龄 = “成叶” AND 叶色症状 = “均匀失绿、黄白” AND 叶形症状 = “较小而薄、易落” AND 枝梢症状 = “新梢细而短” THEN 缺素1 = “N”

每个证据的可信度已知, 用证据组合公式组合后就得到总的可信度, 如表2 所示。

表2 叶色和叶形可信度组合

叶色的可信度	叶形的可信度		
	$m_1(x_1)$ (0.60)	$m_1(x_2)$ (0.25)	$m_1(x)$ (0.15)
$m_2(x_1)$ (0.7)	0.42	0.175	0.105
$m_2(x_2)$ (0.2)	0.12	0.050	0.030
$m_2(x)$ (0.1)	0.06	0.025	0.015

由表2 可知证据的不一致因子 K 为:

$$K = m_1(x_2) m_2(x_1) + m_2(x_2) m_1(x_1) = 0.295$$

融合后:

$$m(x_1) = [m_1(x_1) m_2(x_1) + m_1(x_1) m_2(x) + m_2(x_1) m_1(x)] / (1 - k) = 0.83$$

$$m(x_2) = [m_2(x_2) m_1(x_2) + m_1(x_2) m_2(x) + m_1(x_2) m_1(x)] / (1 - k) = 0.15$$

$$m(x) = m_1(x) m_2(x) / (1 - k) = 0.02。$$

叶色和叶形两个证据组合后的可信度分配为: 可信  $m(x_1) = 0.83$ , 不可信  $m(x_2) = 0.15$ , 不确定  $m(x) = 0.02$ 。

再用一次组合公式与枝梢组合即可得到证据的可信度: 可信  $m(y_1) = 0.93$ , 不可信  $m(y_2) = 0.067$ , 不确定:  $m(y) = 0.003$ 。则  $f(y_1) = 0.9315$ 。

规则不确定性用  $c = (c_1, c_2)$  表示。假设该规则不确定性为  $c_1 = 0.9, c_2 = 0.05$ 。再由可信度传播公式即可得到结论的可信度。

$$m(z_1) = f(y_1) \cdot c_1 = 0.838, m(z_2) = f(y_2) \cdot c_2 = 0.047, m(z) = 0.015。$$

即缺素1 = “N”的可信度为0.838。

对比  $m(x_1)$ 、 $m(y_1)$  可知: 经过DS 证据理论组合后证据的可信度提高了, 而不确定和不可信度降低了许多。这一结果也说明, 采用证据理论组合后的多证据的可信度得到进一步提高, 这表明随着支持证据的不断获得其信任程度不断提高。支持证据越多信任程度越高, 甚至可接近1, 以达到完全信任。这和专家的思维是一致的。

## 2 系统的设计与实现

**2.1 知识获取** 笔者通过大量工作共收集到柑桔营养缺素方面的资料包括下面5 个部分的内容:

(1) 获得柑桔缺乏各营养元素时的形态特征, 并抽取出来形成十几条规则知识同时给规则强度赋值。例如:

IF 发生叶龄 = “幼叶” AND 叶色症状 = “均匀失绿、黄白” AND 叶形症状 = “较小而薄、易落” AND 枝梢症状 = “新梢细而短”

THEN 缺素1 = “N”  $c_1 = 0.85$

IF 发生叶龄 = “幼叶” AND 叶色症状 = “黄斑、健康部浓绿” AND 叶形症状 = “窄小、脆硬、簇生状” AND 枝梢症状 = “发芽晚、新梢节间极短”

THEN 缺素1 = “Zn”  $c_1 = 0.9$ 。

(2) 按照症状发生的严重程度给叶色症状、叶形症状和枝梢症状分配基本概率分配函数值。以缺锌症状为例, 如表3 所示。

表3 缺素症状可信度初始分配

发生部位	症状表现	症状程度	可信度 m(x <sub>1</sub> )	不可信 m(x <sub>2</sub> )	不确定 m(x)
叶	黄斑、健康部浓绿	很明显	0.70	0.20	0.10
		明显	0.65	0.25	0.10
		较明显	0.60	0.25	0.15
枝梢	发芽晚、新梢节间极短	轻	0.50	0.30	0.20
		重	0.60	0.25	0.15
		较重	0.55	0.30	0.15
		一般	0.50	0.30	0.20

(3) 决定宽皮柑桔土壤和叶片营养元素临界值, 如表4所示。

(4) 缺素量的计算。缺素量用下面公式计算:

$$\text{土壤缺素量} = 4 \times (\text{土壤营养临界值} - \text{土壤营养分析值}) \times \text{土壤容重} / 15000$$

表4 宽皮柑桔营养元素土壤和叶片临界值

	水解 N	速效 P	速效 K	交换性 Ca	交换性 Mg	水溶性 B	有效 Zn	有效 Fe	有效 Mn	有效 Mo	有效 Cu
土壤营养元素临界值	10.0	10.0	100	500	80	0.5	2.0	20	1.0	0.15	20
叶片营养元素临界值	10.0	10.0	100	500	80	0.5	2.0	20	1.0	0.15	20

2.3 系统的检验 主要包括以下2方面的检查: 检查每个知识单元语法结构上是否有差错; 检查获取的知识是否缺损、是否冗余、是否矛盾等。

具体操作: 打开平台后, 在文件栏打开所开发的知识库, 这时会出现该专家系统的系统界面图, 在点击检验和运行图标后, 系统将自动检查。如果系统知识库有错将会提示出错信息, 开发者可以按照出错信息进行修改, 当修改完所有的错误后, 系统会提示系统检验成功的信息。

2.4 系统的运行 打开雄风4.1 工具, 加载知识库, 点击“检验”, 通过后, 点击“运行”菜单, 出现下面的系统界面: 选择“树体营养诊断与矫治”, 单击“确定”, 进行智能引导诊断, 诊断结论如图1所示。

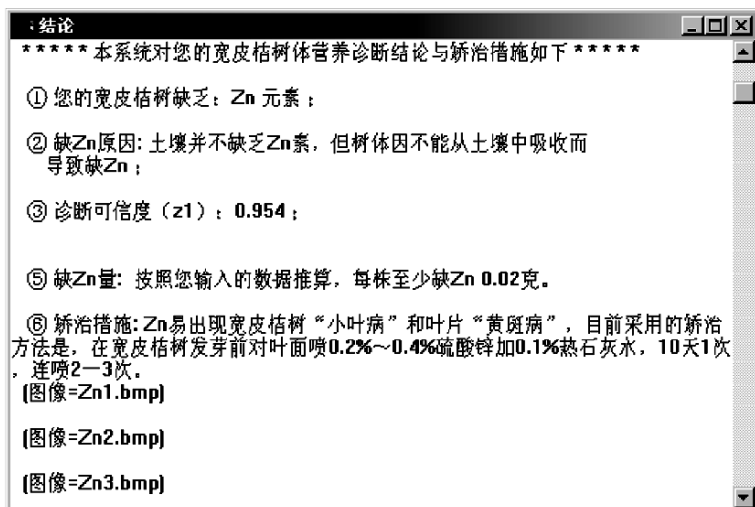


图1 柑桔树体营养诊断结论与矫治措施

$$\text{叶片缺素量} = \text{单株树冠体积} \times \text{干叶容重} \times (\text{叶片营养临界值} - \text{叶片营养分析值}) / 600$$

2.2 系统的多媒体集成 在知识库中进行多媒体知识集成的实例如下:

```
IF X = "Zn" THEN { 缺素量 = 单株树冠体积 * 干叶容重 * Y / 300 ;
```

```
PRINT " 缺Zn 量: 按照您输入的数据推算, 每株至少缺Zn ", DOI( 缺素量, 2), "克。 \n";
```

```
TEXT " 矫治措施: Zn 易出现柑桔树“小叶病”和叶片“黄斑病”, 目前采用的矫治方法是, 在柑桔树发芽前对叶面喷0.2% ~0.4% 硫酸锌加0.1% 熟石灰水, 10 天1 次, 连喷2 ~3 次。”;
```

```
ADVCE "( 图像 = Zn1 .bmp) \n ";
```

```
ADVCE "( 图像 = Zn2 .bmp) \n "; }
```

### 3 结语

笔者采用雄风4.1 平台开发出的柑桔营养缺素诊断专家系统能够给用户十几种元素的缺素诊断并给出矫治措施。这表明知识库包含了生产过程中的大多数与缺素相关的知识, 具有一定的深度和广度, 系统的核心之一——知识库是较为完善的。同时经检验, 系统运行得出的诊断结果的可信度和专家求解同一个问题得出结论的概率在误差允许范围内。这表明该系统实现了将证据理论作为不精确推理模型, 且效果很好。此外, 系统界面友好, 操作简单。

以上表明, 笔者开发出的柑桔营养缺素诊断专家系统对柑桔实际生产过程遇到的缺素问题能够正确有效地解决, 能够辅助指导柑桔的实际生产。系统达到了预期的设计目标。

### 参考文献

- [1] 何天富. 柑桔学 M. 北京: 中国农业出版社, 1999 :42 - 49.
- [2] 庄伊美. 柑桔营养诊断指导施肥的实践 J. 浙江柑桔, 1996, 13(2) :8 - 11.
- [3] 吴信东, 邹燕. 专家系统技术 M. 北京: 电子工业出版社, 1988.
- [4] 熊范纶, 郭霖, 吴文荣. 砂姜黑土小麦施肥计算机专家咨询系统 J. 信息与控制, 1987, 16(2) :7 - 11.
- [5] 石纯一, 李明树, 钱跃良. 农业专家系统入门 M. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [6] 高松. 安全合理使用农药防治柑桔病虫害计算机咨询系统 D. 杭州: 浙江大学, 2003.
- [7] 熊范纶. 雄风专家系统开发工具 M. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [8] 李绍稳, 熊范纶, 李瑶, 等. 特征展开三I Fuzzy 推理模型及其在专家系统中的应用 J. 高技术通讯, 2002, 12(1) :5 - 9.