

刘忠玲,李小艳,王自力,等. 基于组合赋权的甘薯品种抗病性模糊综合评价[J]. 江苏农业科学,2020,48(12):93-97.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.12.020

# 基于组合赋权的甘薯品种抗病性模糊综合评价

刘忠玲,李小艳,王自力,秦家范

[洛阳农林科学院/华大基因河南(洛阳)农业创新中心,河南洛阳 471023]

**摘要:**甘薯抗病性评价是多因素的综合评价过程,是甘薯品种选育中非常重要的一个环节。根据病虫害危害程度和品种选育所在地区的病虫害发病严重程度来确定各指标的权重系数,将模糊综合评价法首次应用于甘薯品种选育中进行抗病性综合评价,得到 12 个甘薯品种抗病性的综合评价数值结果和优劣次序,洛薯 11 号的综合抗病性最好,济薯 25、商 Y10-1 的综合抗病性好,烟薯 09157、泰薯 12、源薯 1 号、济农 74 的综合抗病性较好,冀 982、皖苏 58、徐薯 33 的综合抗病性一般,徐薯 22、阜 0932-2 的综合抗病性差。该评价方法弥补了传统评价方法的不足,为甘薯新品种的抗病性评价提供了一条具体而又切实可行的新途径。

**关键词:**甘薯品种;抗病性;组合赋权;模糊综合评价;权重

**中图分类号:** S531.034 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)12-0093-05

甘薯原产于南美洲,具有高产、稳产、适应性广等特点。目前,我国甘薯种植面积基本稳定在 367 万  $\text{hm}^2$ ,鲜薯年平均产量约 7 804.8 万 t,占世界甘薯总产量的 75.3%<sup>[1-2]</sup>。其中甘薯茎线虫病致使发病田减产 10%~20%,严重时减产 60%~70%,尤其连作重茬田的线虫病日益积累,病情逐年加重,甚至绝收<sup>[3-4]</sup>;甘薯黑斑病造成的产量损失为 5%~10%,危害严重时造成的损失为 20%~50%,甚至更高<sup>[5]</sup>;甘薯根腐病造成减产 10%~20%,重者减产 40%~50%,甚至绝收<sup>[6-7]</sup>;甘薯蔓割病的危害在南方薯区田间随机分布,一般减产 10%~20%,重者达 50%以上<sup>[8]</sup>,近年来有向北方薯区蔓延的趋势。因此在樊晓中的研究中,将甘薯茎线虫病、黑

斑病和根腐病列为我国北方薯区的三大主要病害<sup>[9]</sup>;而在《中国甘薯品种鉴定年鉴(2014—2015)》中将甘薯茎线虫病、黑斑病、根腐病和蔓割病列为北方薯区甘薯病虫害抗性的检测对象<sup>[10]</sup>。

生产过程中,使用化学药剂防治成本高、环境污染严重,而采用轮作制度虽然有效,但仍具有很大的局限性。因此,甘薯抗病虫害品种的选育和推广无疑是最经济、最简单、最有效的途径之一,而准确评价甘薯品种抗病性也成了甘薯品种选育中一个至关重要的环节。我国研究人员对甘薯品种抗病性鉴定中仅针对某种病害的抗性进行检测,评价方法仅局限于对某种病虫害抗性的检测数据进行直观分析,不同病虫害抗性的分析结果相互独立,没有进一步的综合性分析。本研究将模糊综合评价法首次应用于甘薯品种选育中进行抗病性综合评价,计算出品种抗病性的综合评价数值结果,以为甘薯新品种病虫害抗性综合评价寻找新的可行途径。

收稿日期:2019-06-03

基金项目:农业农村部农业产业技术体系项目(编号:CARS-11-C-14);洛阳市科技局农业科技重点项目(编号:0801040A)。

作者简介:刘忠玲(1975—),女,河南商丘人,副研究员,主要从事甘薯新品种选育及配套栽培技术研究。E-mail:lyliuzhl@126.com。

[3]刘勇,江红甲,布云红,等. 烟草漂浮苗花叶病毒病重要初侵染源的探讨[J]. 浙江农业科学,2008(4):483-492.

[4]尹跃艳,端永明,徐兴阳,等. 昆明烟区育苗点烟草花叶病毒初侵染源的检测与分析[J]. 西南农业学报,2012,25(1):166-168.

[5]周雪平,濮祖芹,方中达. 黄瓜花叶病毒(CMV)土壤非介体传播研究[J]. 南京农业大学学报,1994,17(2):39-42.

[6]王欣英. 前茬作物玉米和甘薯对烟草的轮作效应及其机理的研究[D]. 泰安:山东农业大学,2006.

[7]马学萍,卯霞,刘开全,等. 不同质地烟田土壤对烟草花叶病毒

的吸附差异[J]. 曲靖师范学院学报,2009(6):38-40.

[8]王秋英,赵炳梓,张佳宝,等. 土壤对病毒的吸附行为及其在环境净化中的作用[J]. 土壤学报,2007,44(5):808-816.

[9]蔡美艳,陈海波,叶建人. 土壤处理对黄瓜绿斑花叶病毒病的控制效果[J]. 基层农技推广,2016(7):19-21.

[10]刘敏,杨金广,谢扬军. 我国植烟土壤中 TMV 的污染与检测分析[J]. 作物研究,2013(增刊1):32-35.

[11]刘世超. 土壤中 TMVLAMP 检测技术的建立及土壤传播 TMV 的效率研究[D]. 重庆:西南大学,2016.

1 综合评价对象

将 2014—2015 年国家甘薯品种北方薯区区域试验中 12 个参试品种的抗病性作为评价对象,参试品种分别为冀 982、洛薯 11 号、商 Y10 - 1、烟薯 09157、济薯 25、济农 74、泰薯 12、阜 0932 - 2、皖苏 58、徐薯 33、源薯 1 号、徐薯 22(CK)<sup>[10]</sup>。

2 甘薯抗病性评价指标简介和预处理

2.1 甘薯抗病性评价指标简介

在《中国甘薯品种鉴定年鉴(2014—2015)》中甘薯茎线虫病、黑斑病、根腐病和蔓割病的检测指标如下。甘薯抗茎线虫病有防治效果和病情指数 2 个检测指标,计算公式如下:

防治效果 =  $(1 - \frac{\text{某品种病情指数}}{\text{感病对照品种病情指数}}) \times 100\%$  ;

病情指数 =  $\frac{\sum(\text{各级感病株数} \times \text{相应级数})}{\text{调查总株数} \times \text{最高病级数}} \times 100$ 。

其中,防治效果(X)为极大型指标,评价分级为高抗(HR),防治效果(X) > 80.0;抗病(R),60.0 < X ≤ 80.0;中抗(MR),40.0 < X ≤ 60.0;感病(S),20.0 < X ≤ 40.0;高感(HS),X < 20.0。病情指数(DI)为极小型指标,评价分级为高抗(HR),DI ≤ 20.0;抗病(R),20.0 < DI ≤ 40.0;中抗(MR),40.0 < DI ≤ 60.0;感病(S),60.0 < DI ≤ 80.0;高感(HS),DI > 80.0。

甘薯抗黑斑病的检测指标为表现百分率,计算公式如下:

抗病表现百分率 =  $\frac{\text{供试品种病斑平均直径}^2 \times \text{供试品种病斑平均深度}}{\text{对照品种病斑平均直径}^2 \times \text{对照品种病斑平均深度}} \times 100\%$ 。

甘薯抗黑斑病表现百分率(Y)属于极小型指标,其评价分级为高抗(HR),Y ≤ 40.0;抗病(R),

40.0 < Y ≤ 80.0;中抗(MR),80.0 < Y ≤ 120.0;感病(S),120.0 < Y ≤ 160.0;高感(HS),Y > 160.0。

甘薯抗根腐病的检测指标为病情指数,计算公式如下:

病情指数 =  $\frac{\sum(\text{各级感病株数} \times \text{相应级数})}{\text{调查总株数} \times \text{最高病级数}} \times 100$ 。

甘薯抗根腐病病情指数(DI)属于极小型指标,评价分级为高抗(HR),DI ≤ 25.0;抗病(R),25.0 < DI ≤ 40.0;中抗(MR),40.0 < DI ≤ 60.0;感病(S),60.0 < DI ≤ 80.0;高感(HS),DI > 80.0。

甘薯抗蔓割病检测指标为病情指数,计算公式如下:

病情指数 =  $\frac{\sum(\text{各级感病株数} \times \text{相应级数})}{\text{调查总株数} \times \text{最高病级数}} \times 100$ 。

甘薯抗蔓割病病情指数(DI)属于极小型指标,评价分级为:高抗(HR),DI ≤ 25.0;抗病(R),25.0 < DI ≤ 40.0;中抗(MR),40.0 < DI ≤ 60.0;感病(S),60.0 < DI ≤ 80.0;高感(HS),DI > 80.0。

2.2 甘薯抗病性评价指标的预处理

甘薯抗病性评价指标中大部分属于极小型指标,为便于作进一步的分析,均取极小值,利用平移变换转化为极大型指标,根据各指标数据和评价分级的特点,具体转化方法如下:甘薯抗茎线虫病、抗根腐病、抗蔓割病的病情指数指标转化为 100 - 病情指数;甘薯抗黑斑病抗病表现百分率指标转化为 200 - 抗病表现百分率。甘薯抗病性评价指标转化为极大型后的评价级见表 1。

根据《中国甘薯品种鉴定年鉴(2014—2015)》中抗病性鉴定要求,甘薯茎线虫病、黑斑病和根腐病的抗性鉴定结果取 2 年 4 次中最差值,甘薯蔓割病的抗性鉴定结果取 2 年 2 次中最差值,将抗性鉴定结果极大化后分别取最小值(表 2)作为综合评价的数据。

表 1 甘薯抗病性评价指标分级(极大化后)

病虫害	评价分级				
	高感(HS)	感病(S)	中抗(MR)	抗病(R)	高抗(HR)
茎线虫病	DI < 20.0	20.0 ≤ DI < 40.0	40.0 ≤ DI < 60.0	60.0 ≤ DI < 80.0	DI ≥ 80.0
黑斑病	Y < 40.0	40.0 ≤ Y < 80.0	80.0 ≤ Y < 120.0	120.0 ≤ Y < 160.0	Y ≥ 160.0
根腐病	DI < 20.0	20.0 ≤ DI < 40.0	40.0 ≤ DI < 60.0	60.0 ≤ DI < 75.0	DI ≥ 75.0
蔓割病	DI < 20.0	20.0 ≤ DI < 40.0	40.0 ≤ DI < 60.0	60.0 ≤ DI < 80.0	DI ≥ 80.0

注:为保持各评价指标评价分级的一致性,此处将甘薯抗蔓割病病情指数指标评价分级由《中国甘薯品种鉴定年鉴(2014—2015)》中的“高抗(HR),病情指数(DI) ≤ 20.5;抗病(R),20.5 < DI ≤ 40.5;中抗(MR),40.5 < DI ≤ 60.5;中感(MS),60.5 < DI ≤ 80.5;感病(S),80.5 < DI ≤ 90.5;高感(HS),90.5 < DI ≤ 100”修正为“高抗(HR),病情指数(DI) ≤ 20.0;抗病(R),20.0 < DI ≤ 40.0;中抗(MR),40.0 < DI ≤ 60.0;感病(S),60.0 < DI ≤ 80.0;高感(HS),80.0 < DI ≤ 100”,表中为极大化后的结果。

表 2 甘薯抗病性鉴定结果经极大化处理后的最小值

省份	品种	茎线虫病	黑斑病	根腐病	蔓割病
河北	冀 982	16.7	6.1	55.8	3.3
河南	洛薯 11 号	52.6	48.3	52.5	19.5
	商 Y10-1	22.4	97.9	44.5	0.0
山东	烟薯 09157	7.2	35.3	53.0	46.2
	济薯 25	28.9	43.8	64.2	43.6
	济农 74	3.0	45.5	55.8	7.1
	泰薯 12	28.4	-7.7	48.3	4.3
安徽	阜 0932-2	0.0	-5.0	17.2	9.5
	皖苏 58	0.0	-5.6	36.2	57.6
江苏	徐薯 33	6.8	45.6	42.5	0.0
	源薯 1 号	23.1	9.7	55.0	7.1
	徐薯 22	0.0	40.8	23.6	52.5

### 3 甘薯抗病性的模糊综合评价

模糊综合评价是以模糊数学为基础,先将一些边界不清不易定量的因素定量化,再应用模糊关系合成原理,从多个因素对事物隶属等级状况进行综合性评价的一种方法<sup>[11]</sup>。

#### 3.1 甘薯抗病性评价指标的权重系数

甘薯新品种的选育和推广具有一定的区域性,通常是以育种单位所在地为中心向外辐射。因此,在确定甘薯主要病害评价指标的权重时,不仅要考虑某种甘薯病害的危害程度,还应兼顾育种单位所在地区该甘薯病虫害的分布情况。

**3.1.1 北方薯区甘薯主要病虫害的危害程度** 北方薯区甘薯主要病害为茎线虫病、黑斑病、根腐病等,而蔓割病本是南方薯区的主要病害之一,但近年来出现了逐渐向北方薯区迁移的趋势,因此也作为北方薯区育种工作中监测的一种病害,但目前其发病率及危害程度比其他 3 种病害要小<sup>[3-8]</sup>。根据病虫害危害程度,将甘薯 4 种病虫害进行权重分配(表 3)。

表 3 甘薯主要病虫害的危害程度及权重分配

病虫害	危害程度		权重分配
	一般发病情况	严重发病情况	
茎线虫病	减产 20% ~ 50%	减产 60% ~ 70%	0.4
根腐病	减产 10% ~ 20%	减产 40% ~ 50%	0.3
黑斑病	减产 5% ~ 10%	减产 20% ~ 50%	0.2
蔓割病	减产 10% ~ 20%	减产可达 50%	0.1

**3.1.2 北方薯区甘薯主要病虫害发病严重程度排序** 北方薯区主要包括河北、河南、山东、安徽及江

苏北部等地区,甘薯茎线虫病、黑斑病、根腐病及蔓割病在不同区域的发病严重程度排序<sup>[12]</sup>如表 4 所示,而近年来逐渐向北扩展的蔓割病发病程度远小于其他 3 种病虫害,因此列在各地区病虫害的第 4 位。

表 4 北方薯区不同省区甘薯主要病虫害发病严重程度排序

地区	排序			
	1	2	3	4
河北	黑斑病	茎线虫病	根腐病	蔓割病
河南	茎线虫病	根腐病	黑斑病	蔓割病
山东	茎线虫病	黑斑病	根腐病	蔓割病
安徽	根腐病	茎线虫病	黑斑病	蔓割病
江苏	茎线虫病	黑斑病	根腐病	蔓割病

根据病虫害发病严重程度排序,从高到低依次权重分配的 0.4、0.3、0.2、0.1,可得各地区甘薯病虫害发病程度的权重(表 5)。

表 5 北方薯区甘薯病虫害发病程度权重分配

地区	各病虫害的权重			
	茎线虫病	黑斑病	根腐病	蔓割病
河北	0.3	0.4	0.2	0.1
河南	0.4	0.2	0.3	0.1
山东	0.4	0.3	0.2	0.1
安徽	0.3	0.2	0.4	0.1
江苏	0.4	0.3	0.2	0.1

#### 3.2 甘薯主要病虫害评价指标的组合权重

将病虫害的危害程度和育种单位所在地区病虫害发病严重程度排序按 6:4 的比例进行加法集成,可得北方薯区中河北、河南、安徽、山东、江苏等 5 个地区甘薯主要病虫害评价指标综合权重系数(表 6)。

表 6 北方不同省区甘薯病虫害综合权重

地区	茎线虫病	黑斑病	根腐病	蔓割病
河北	0.36	0.28	0.26	0.10
河南	0.40	0.20	0.30	0.10
山东	0.40	0.24	0.26	0.10
安徽	0.36	0.20	0.34	0.10
江苏	0.40	0.24	0.26	0.10

3.3 构建评价对象因素集

以 2014—2015 年我国甘薯北方薯区试验中 4 种病害的检测数值作为评价指标,建立以下评价对象因素集:

$$U = \{u_1, u_2, u_3, u_4\}。$$

式中: $u_1$  为茎线虫病; $u_2$  为黑斑病; $u_3$  为根腐病; $u_4$  为蔓割病。

3.4 构建评价方案集

将参试的 12 个甘薯品种(冀 982、洛薯 11 号、商 Y10-1、烟薯 09157、济薯 25、济农 74、泰薯 12、阜 0932-2、皖苏 58、徐薯 33、源薯 1 号、徐薯 22)作为评价对象,建立评价方案集如下:

$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6, v_7, v_8, v_9, v_{10}, v_{11}, v_{12}\}。$$

式中: $v_1$  为冀 982; $v_2$  为洛薯 11 号; $v_3$  为商 Y10-1; $v_4$  为烟薯 09157; $v_5$  为济薯 25; $v_6$  为济农 74; $v_7$  为泰薯 12; $v_8$  为阜 0932-2; $v_9$  为皖苏 58; $v_{10}$  为徐薯 33; $v_{11}$  为源薯 1 号; $v_{12}$  为徐薯 22。

3.5 建立模糊关系矩阵

3.5.1 甘薯主要病害评价指标及其隶属函数 由甘薯品种抗病性各评价指标的评价分级(表 1)可以看出,各因素的对应关系比较明显,即在区间内基本上为线性函数,因此各评价指标的隶属函数具体

如下。

(1)甘薯茎线虫病隶属函数:

$$\mu(u_1) = \begin{cases} 0 & u_1 < 20 \\ \frac{u_1 - 20}{80 - 20} & 20 \leq u_1 < 80; \\ 1 & u_1 \geq 80 \end{cases}$$

(2)甘薯黑斑病隶属函数:

$$\mu(u_2) = \begin{cases} 0 & u_2 < 40 \\ \frac{u_2 - 40}{160 - 40} & 40 \leq u_2 < 160; \\ 1 & u_2 \geq 160 \end{cases}$$

(3)甘薯根腐病隶属函数:

$$\mu(u_3) = \begin{cases} 0 & u_3 < 20 \\ \frac{u_3 - 20}{75 - 20} & 20 \leq u_3 < 75; \\ 1 & u_3 \geq 75 \end{cases}$$

(4)甘薯蔓割病隶属函数:

$$\mu(u_4) = \begin{cases} 0 & u_4 < 20 \\ \frac{u_4 - 20}{80 - 20} & 20 \leq u_4 < 80。 \\ 1 & u_4 \geq 80 \end{cases}$$

3.5.2 隶属度计算和综合评价矩阵建立 将极大化后的各指标分别取最小值(表 2),分别代入隶属函数计算其隶属度(表 7)。因此,可分别得到河北(冀 982)、河南(洛薯 11 号、商 Y10-1)、安徽(阜 0932-2、皖苏 58)、山东(烟薯 09157、济薯 25、济农 74、泰薯 12)、江苏(徐薯 33、源薯 1 号、徐薯 22)等地区的模糊综合评价矩阵:

表 7 各甘薯品种评价指标的隶属度

省份	品种	茎线虫病	黑斑病	根腐病	蔓割病
河北	冀 982	0	0	0.650 9	0
河南	洛薯 11 号	0.543 3	0.069 2	0.590 9	0
	商 Y10-1	0.040 0	0.482 5	0.445 5	0
山东	烟薯 09157	0	0	0.6	0.436 7
	济薯 25	0.148 3	0.031 7	0.803 6	0.393 3
	济农 74	0	0.045 8	0.650 9	0
	泰薯 12	0.140 0	0	0.514 5	0
安徽	阜 0932-2	0	0	0	0
	皖苏 58	0	0	0.294 5	0.626 7
江苏	徐薯 33	0	0.046 7	0.409 1	0
	源薯 1 号	0.051 7	0	0.636 4	0
	徐薯 22	0	0.006 7	0.065 5	0.541 7

$$\mathbf{R}^{\text{hb}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.650\ 9 \\ 0 \end{pmatrix}, \mathbf{R}^{\text{hn}} = \begin{pmatrix} 0.543\ 3 & 0.04 \\ 0.069\ 2 & 0.482\ 5 \\ 0.590\ 9 & 0.445\ 5 \\ 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{R}^{\text{ah}} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0.294\ 5 \\ 0 & 0.626\ 7 \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{R}^{\text{sd}} = \begin{pmatrix} 0 & 0.148\ 3 & 0 & 0.14 \\ 0 & 0.031\ 7 & 0.045\ 8 & 0 \\ 0.600 & 0.803\ 6 & 0.650\ 9 & 0.514\ 5 \\ 0.436\ 7 & 0.393\ 3 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{R}^{\text{js}} = \begin{pmatrix} 0 & 0.051\ 7 & 0 \\ 0.046\ 7 & 0 & 0.006\ 7 \\ 0.409\ 1 & 0.636\ 4 & 0.065\ 46 \\ 0 & 0 & 0.541\ 7 \end{pmatrix}^{\circ}.$$

### 3.6 综合评价计算

将不同地区的综合评价矩阵和其相应的各评价因素权重向量采用  $M(\cdot, +)$  模型进行复合, 计算公式如下:

$$b_j = \sum_{i=1}^4 w_i \cdot r_{ij} (j=1, 2, \dots, 12).$$

式中:  $b_j$  表示第  $j$  个品种的模糊综合评价值;  $w_i$  表示第  $i$  种病虫害的权重;  $r_{ij}$  表示第  $j$  个品种第  $i$  种病害的评价指标值。

可得到模糊综合评价向量为  $\mathbf{B} = (0.169\ 2, 0.408\ 4, 0.246\ 2, 0.199\ 7, 0.315\ 2, 0.180\ 2, 0.189\ 8, 0, 0.162\ 8, 0.117\ 6, 0.186\ 1, 0.072\ 798)$ 。进而可得 12 个甘薯品种抗病性的优劣次序排序(表 8)。

### 3.7 品种抗病性综合评价结果

由表 8 可知, 洛薯 11 号的综合抗病性最好, 济薯 25、商 Y10-1 的综合抗病性好, 烟薯 09157、泰薯 12、源薯 1 号、济农 74 的综合抗病性较好, 冀 982、

表 8 各甘薯品种模糊综合评价排序

品种	洛薯 11 号	济薯 25	商 Y10-1	烟薯 09157	泰薯 12	源薯 1 号	济农 74	冀 982	皖苏 58	徐薯 33	徐薯 22	阜 0932-2
排序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

皖苏 58、徐薯 33 的综合抗病性一般, 徐薯 22、阜 0932-2 的综合抗病性差。

## 4 结论

根据病虫害危害严重程度和品种选育所在地区病虫害发病严重程度综合确定权重, 采用模糊综合评价方法计算出各评价对象的评价数值, 根据数值结果进行降序排序, 可以直观地反映甘薯品种的综合抗病情况, 而且此方法简便, 可在 Excel 表格中直接操作实现。

### 参考文献:

- [1] 马代夫, 李 强, 曹清河, 等. 中国甘薯产业及产业技术的发展与展望[J]. 江苏农业学报, 2012, 28(5): 969-973.
- [2] 陆建珍, 汪 翔, 秦建军, 等. 我国甘薯种植业发展状况调查报告(2017 年)——基于国家甘薯产业技术体系产业经济固定观察点数据的分析[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(23): 393-398.
- [3] 周 忠, 马代夫. 甘薯茎线虫病的研究现状和展望[J]. 杂粮作

物, 2003, 23(5): 288-290.

- [4] 商丽丽, 韩俊杰, 邱鹏飞, 等. 甘薯茎线虫病防控研究[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(18): 137-138.
- [5] 贾赵东, 郭小丁, 尹晴红, 等. 甘薯黑斑病的研究现状与展望[J]. 江苏农业科学, 2011(1): 144-147.
- [6] 李 鹏, 马代夫, 李 强, 等. 甘薯根腐病的研究现状和展望[J]. 江苏农业科学, 2009(1): 114-116.
- [7] 宫 琳. 甘薯根腐病的发生规律与防控技术[J]. 现代农业科技, 2015(15): 137, 139.
- [8] 方树民, 陈玉森. 福建省甘薯蔓割病现状与研究进展[J]. 植物保护, 2004, 30(5): 19-22.
- [9] 樊晓中, 高文川, 刘明慧, 等. 北方薯区甘薯三大病害和杂草的综合防治[J]. 农业科技通讯, 2012(1): 92-95.
- [10] 全国农业技术推广中心. 中国甘薯品种鉴定年鉴(2014—2015)[M]. 徐州: 徐州甘薯研究中心, 2015.
- [11] 韩中庚. 数学建模实用教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2012: 214-225.
- [12] 谢逸萍, 孙厚俊, 邢继英. 中国各大薯区甘薯病虫害分布及危害程度研究[J]. 江西农业学报, 2009, 21(8): 121-122.