

数量化理论在预测大豆食心虫发生概率上的应用

祁雪莲¹, 邓华玲¹, 徐丹¹, 赵奎军²

(1. 东北农业大学 理学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 东北农业大学 农学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要:大豆食心虫的危害程度(虫食率)受食心虫虫卵的越冬基数、气象条件等定量因素的影响,并受品种、防治情况等定性因素的影响。考虑影响危害程度的11个因素,如上年平均脱荚率、大豆品种、防治情况、越冬幼虫成活率等。利用数量化预测方法所具有的对数据精确性要求不高,同时能考虑定量因子和定性因子的特点,以当年的虫食率为基准变量建立数量化预测模型,对大豆食心虫不同危害程度发生的概率进行预测。在对73个样本三级模型的回报中,完全正确的有63个,回报率为86.30%,预报等级误差为1级的有8个,占总样本数的10.96%,回报精度较好,所建立的模型具有实际意义。

关键词:大豆食心虫;危害程度;数量化理论I;预测

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841(2012)04-0640-05

Application of Quantification Theory in Predicting Occurrence Probability of Soybean Pod Borer

QI Xue-lian¹, DENG Hua-ling¹, XU Dan¹, ZHAO Kui-jun²

(1. College of Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, Heilongjiang; 2. College of Agriculture, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, Heilongjiang, China)

Abstract: Damage degree of soybean pod borer (Percentage of Damaged Seeds) is influenced by quantitative factors (over-winter cardinal number, meteorological condition etc.) and qualitative factors (variety, control measures etc.). According to eleven factors related to damage degree, such as average shelling percentage of last year, soybean varieties, control situation, survival rate of overwintering larvae and so on, this paper built model by taking percentage of damaged seeds as reference variables, and then predicted occurrence probability of various damage degree on soybean pod borer by using quantification theory I. In the return analysis of level-3 model for 73 samples, 63 samples were right and the return rate was 86.30%. Eight samples, accounting for 10.96% of the total behaved grade 1 forecast error. Results suggest the prediction model has practical significance for its higher precision of return analysis.

Key words: Soybean pod borer; Damage degree; Quantification theory I; Prediction

大豆食心虫是黑龙江省大豆产区的主要害虫之一,常年虫食率约为10%~20%,严重影响到大豆的质量及商品价值^[1-2]。因此建立准确的预报模型,正确估测食心虫的发生趋势,使治虫工作有计划、有重点地进行,对于确保大豆高产、稳产,提高农田科学用药水平,减少农药对环境和农产品的污染都有重要的意义^[3-4]。本文根据对大豆食心虫发生程度影响因素的分析,应用多元统计中的数量化理论方法,建立大豆食心虫概率预报模型,进而对大豆食心虫发生的程度进行有效地监测。

1 数量化理论的原理

1.1 简介

数量化理论是集定性与定量变量于一体的多变量分析方法^[5-6]。根据变量在研究问题中所处的地位的不同,可以把变量分成说明变量(自变量)和

基准变量(因变量)两种,说明变量又可以分为定量变量和定性变量。对于定性变量及其数据,数量化理论按照合理的原则,实现定性变量向定量变量的转化,并以得到的定量数据为基础进行预测或分类研究。因此,数量化理论可以充分地利用已有的资料信息,更全面地研究并发现事物之间的联系和规律性,是多元分析中的一种有利工具,具有广泛的应用。

1.2 原理

1.2.1 项目、类目反应表 在数量化理论中把定性变量叫做项目,而把定性变量的各种不同的取值叫做类目,依据一些项目 x_1, x_2, \dots, x_m 的信息对定量的基准变量 y 进行预测。设第 i 个项目 x_i 有 r_i 个类目 $c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{ir_i}$, ($i = 1, 2, \dots, m$), 则共有 $p = \sum_{i=1}^m r_i$ 个类目。假设观测样本容量为 n , 则项目、类目反应如表1所示。

收稿日期:2012-07-02

基金项目:黑龙江省博士后基金资助项目(LBH-205033);东北农业大学科研基金项目。

第一作者简介:祁雪莲(1976-),女,硕士,讲师,主要研究方向为数学生态。E-mail:qxl365@1216.com。

通讯作者:邓华玲(1965-),女,博士,教授,主要研究方向为应用数学。E-mail:hldeng1965@126.com。

表 1 项目、类目反应
Table 1 Response of item and category

样本号 Sample number	项目 Item	x_1		x_2		...		x_m				
	类目 Category	c_{11}	...	c_{1r_1}	c_{21}	...	c_{2r_2}	...	c_{m1}	...	c_{mr_m}	
	y											
1	y_1	$\delta_1(1,1)$	...	$\delta_1(1,r_1)$	$\delta_1(2,1)$	...	$\delta_1(2,r_2)$	...	$\delta_1(m,1)$	...	$\delta_1(m,r_m)$
2	y_2	$\delta_2(1,1)$	...	$\delta_2(1,r_1)$	$\delta_2(2,1)$	...	$\delta_2(2,r_2)$	...	$\delta_2(m,1)$	...	$\delta_2(m,r_m)$
⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
n	y_n	$\delta_n(1,1)$	...	$\delta_n(1,r_1)$	$\delta_n(2,1)$	...	$\delta_n(2,r_2)$	...	$\delta_n(m,1)$	...	$\delta_n(m,r_m)$

表中 y_i 是基准变量 y 在第 i 个样品中的测定值, ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, r_j$) 称为 j 项目之 k 类目在第 i 个样品中的反应, 其值按下式

确定: $\delta_i(j, k) = \begin{cases} 1, & \text{当第 } i \text{ 样品中 } j \text{ 项目的} \\ & \text{定性数据为 } k \text{ 类目时} \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$

$$X = \begin{pmatrix} \delta_1(1,1) & \cdots & \delta_1(1,r_1) & \delta_1(2,1) & \cdots & \delta_1(2,r_2) & \cdots & \delta_1(m,1) & \cdots & \delta_1(m,r_m) \\ \delta_2(1,1) & \cdots & \delta_2(1,r_1) & \delta_2(2,1) & \cdots & \delta_2(2,r_2) & \cdots & \delta_2(m,1) & \cdots & \delta_2(m,r_m) \\ \vdots & \vdots & \cdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ \delta_n(1,1) & \cdots & \delta_n(1,r_1) & \delta_n(2,1) & \cdots & \delta_n(2,r_2) & \cdots & \delta_n(m,1) & \cdots & \delta_n(m,r_m) \end{pmatrix}$$

称为反应矩阵。

反应 $\delta_i(j, k)$ 有个重要性质, 即对每个固定的 i 和 j , 有

$$\sum_{k=1}^{r_j} \delta_i(j, k) = 1$$

这是由于任一样品在每个项目中只有一个类目的反应是 1, 其余的反应皆为 0 之故。

1.2.2 数学模型 假定因变量与各项目、类目的反应间遵从下列线性模型:

$$y_i = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{r_j} \delta_i(j, k) b_{jk} + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

用最小二乘法求其参数, 可表示为

$$X'X\hat{b}B = X'Y$$

式中 $Y' = (y_1, y_2, \dots, y_n)$;

$$\hat{b}' = (\hat{b}_{11}, \dots, \hat{b}_{1r_1}, \hat{b}_{21}, \dots, \hat{b}_{2r_2}, \dots, \hat{b}_{m1}, \dots, \hat{b}_{mr_m})$$

对于所建立的预测方程, 需要计算 F 统计量检验方程的显著性; 计算偏相关系数检验每个项目对预测的贡献; 计算剩余标准差考查方程的预测精度。可采用增加项目法或减少项目法, 通过统计检验, 使预测方程中只包含对因变量有显著影响的项目, 建立最优的预测方程。

由此可知, 对于每一个确定的 i 和 j 都有:

$$\sum_{k=1}^{r_j} \delta_i(j, k) = 1。$$

由所有的 $\delta_i(j, k)$ 构成的 $n \times p$ 矩阵

2 大豆食心虫不同危害程度发生概率的数量化预测模型的建立

2.1 项目、类目的选取和确定

为预测下一年大豆食心虫的危害程度, 根据黑龙江省双城市农业技术推广中心提供的 1991 ~ 2005 年大豆食心虫发生情况的历史资料数据建立模型, 选出上年平均脱荚孔数 (x_1 , 头)、上年 9 月 (中下旬) 平均气温 (x_2 , $^{\circ}\text{C}$)、上年 9 月份 (中下旬) 降水量 (x_3 , mm)、上年 10 月份 (上月) 降水量 (x_4 , mm)、当年 7 月份平均气温 (x_5 , $^{\circ}\text{C}$)、当年 7 月份降水量 (x_6 , mm)、当年 7 月份相对湿度 (x_7 , %) 7 个数量变量, 另外, 由于一些重要的因素资料不准确, 只有一个大概的估计值, 将这样的变量如: 越冬幼虫成活率 (x_{10})、8 月平均百米蛾量 (x_{11}) 以及定性变量大豆品种 (x_8) 和防治情况 (x_9) 都做为定性项目应用于模型的建立, 其中基准变量 y 是根据历年的虫食率的大小划分的 3 个等级, 对各等级发生的概率进行预报^[7-8]。

2.2 类目的划分

将大豆食心虫的危害情况划分为 3 个或 4 个等

级,将对大豆食心虫危害有影响的 11 个因子划分为 2、3 或 4 个等级。如此,将原来用数值表示的量转化为用级别表示的定性的量。用数量化理论 I 进行分析后建立预测模型。预报因子等级划分表见表 2。

表 2 项目、类目表

Table 2 Items and categories

编号 Number	项目 Item	类目 Categories			
		1	2	3	4
1	上年平均脱荚率 x_1 /%	x_{11}	x_{12}	x_{13}	
	Average shelling percentage of last year	$x_1 \leq 40$	$40 < x_1 \leq 100$	$x_1 > 100$	
2	上年 9 月中下旬平均积温 x_2 /°C	x_{21}	x_{22}	x_{23}	
	Average accumulated temperature in the last ten-day period of September of last year	$x_2 \leq 125$	$125 < x_2 \leq 145$	$x_2 > 145$	
3	上年 9 月份中下旬降水量 x_3 /mm	x_{31}	x_{32}	x_{33}	
	Precipitation in the last ten-day period of September of last year	$x_3 \leq 150$	$150 < x_3 \leq 300$	$x_3 > 300$	
4	上年 10 月份上旬降水量 x_4 /mm	x_{41}	x_{42}	x_{43}	
	Precipitation in the first ten days of October of last year	$x_4 \leq 50$	$50 < x_4 \leq 120$	$x_4 > 120$	
5	当年 7 月份平均气温 x_5 /°C	x_{51}	x_{52}		
	Average temperature in July of the current year	$x_5 \leq 235$	$x_5 > 235$		
6	当年 7 月份降水量 x_6 /mm	x_{61}	x_{62}	x_{63}	
	Precipitation in July of the current year	$x_6 \leq 800$	$800 < x_6 \leq 1300$	$x_6 > 1300$	
7	当年 7 月份相对湿度 x_7 /%	x_{71}	x_{72}		
	Relative humidity in July of the current year	$x_7 \leq 75$	$x_7 > 75$		
8	大豆品种 x_8 Soybean varieties	x_{81}	x_{82}	x_{83}	x_{84}
		黑农 37	黑农 38	绥农 14 等	其它
		Heinong 37	Heinong 37	Suinong 14 et al.	Other
		x_{91}	x_{92}		
9	防治情况 x_9 Control situation	防治	无防治		
		Prevention	No prevention		
10	越冬幼虫成活率 x_{10} Survival rate of overwintering larvae	x_{101}	x_{102}		
		$x_{10} < 20$	$x_{10} \geq 20$		
11	8 月平均百米蛾量 x_{11} Average hectometer-moth amount in August	x_{111}	x_{112}	x_{113}	
		$x_{11} \leq 20$	$20 < x_{11} \leq 60$	$x_{11} > 60$	

2.3 基准变量的等级划分

结合黑龙江省双城市大豆食心虫发生程度的实际情况,对食心虫发生程度分为 3 个指标进行防治预报^[9]。

1. 轻度发生:虫食率 $< 5\%$, 样本比率 28.8%。

2. 中等发生:虫食率 $\geq 5\%$ 小于 15%, 样本比率 50.7%。

3. 严重发生:虫食率 $\geq 15\%$, 样本比率 20.5%。

每一个样本值(虫食率)必属于上述 3 个等级之一,即每个样品都在其中的一个类目上有反应。对第 i 个样品来说,它在 y_{pi} 上有反应,就令 $y_{pi} = 1$, 否则 $y_{pi} = 0$, 显然 $y_{1i} + y_{2i} + y_{3i} = 1$ 。这里可以把 y_{pi} ($i = 1, 2, 3$) 看成在一定因子条件下,大豆食心虫危害程度在这一级发生的概率,一旦发生其概率为 1, 否则为 0。根据样本的因子条件建立模型,对 y_{pi} ($i = 1, 2, 3$) 进行估计预测,当算出的估计值大于 1 时,把它视为 1, 小于 0 时视为 0; 再将每个概率值除

以适当的常数,以保证 3 个概率估计值之和等于 1。

2.4 数量化模型的建立

根据双城市历史资料 73 个样本及气象资料和表 2 中项目、类目的划分可得反应矩阵 X , 应用数量化理论中的概率回归估计方法建立多元回归方程。

$$P_{pi} = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{r_j} \delta_i(j, k) b_{jk} + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n, p = 1, 2, 3$$

根据正规方程解得模型中的参数:

$$\hat{b}_1 = \{-3.6311, -3.2845, -2.8734, 1.6591, -0.1744, 0, 0.4283, 1.9751, 0, 3.1442, 1.4021, 0, -0.4151, 0, -0.0493, 1.1685, 0, -0.3739, 0, -0.2437, -0.0359, 0.2586, 0, 0.5471, 0.3226, 0, 1.5281, 0.1627, 0\}$$

$$\hat{b}_2 = \{3.3513, 2.8071, 2.1093, -0.7175,$$

1.0440,0, - 0.1381, - 1.3467, - 2.7859, - 1.4631, 0.6891,0,0.5649, - 0.6607,0, - 0.7555,0,0.1802, 0.1860, - 0.1509, 0, 0.3231, 0, - 0.0905,0, - 1.1184,0.2823,0.0012 }

$\hat{b}_3 = \{1.2798,1.4774,1.7640, - 0.9416, - 0.8696,0, - 0.2902, - 0.6284,0, - 0.3583, 0.0610,0, - 0.2740,0, - 0.5156, - 0.5078,0, 1.1294,0, 0.0636, - 0.1501, - 0.1076, 0, - 0.8701,0, - 0.2321,0, - 0.4097, - 0.4450,0 \}$

得预测模型如下:

$\hat{P}_1 = - 3.6311x_{11} - 3.2845 x_{12} - 2.8734 x_{13} + 1.6591 x_{21} - 0.1744 x_{22} + 0.4283 x_{31} + 1.9751 x_{32} + 3.1442 x_{41} + 1.4021 x_{42} - 0.4151 x_{51} - 0.0493 x_{61} + 1.1685 x_{62} - 0.3739 x_{71} - 0.2437 x_{81} - 0.0359 x_{82} + 0.2586 x_{83} + 0.5471 x_{91} + 0.3226 x_{101} + 1.5281 x_{111} + 0.1627 x_{112}$

$\hat{P}_2 = 3.3513x_{11} + 2.8071 x_{12} + 2.1093 x_{13} - 0.7175 x_{21} + 1.0440 x_{22} - 0.1381 x_{31} - 1.3467 x_{32} - 2.7859 x_{41} - 1.4631 x_{42} + 0.6891 x_{51} + 0.5649 x_{61} - 0.6607 x_{62} - 0.7555 x_{71} + 0.1802 x_{81} + 0.1860 x_{82} - 0.1509 x_{83} + 0.3231 x_{91} - 0.0905 x_{101} - 1.1184 x_{111} + 0.2823 x_{112} + 0.0012 x_{113}$

$\hat{P}_3 = 1.2798 x_{11} + 1.4774 x_{12} + 1.7640 x_{13} - 0.9416 x_{21} - 0.8696 x_{22} - 0.2902 x_{31} - 0.6284 x_{32} - 0.3583 x_{41} + 0.0610 x_{42} - 0.2740 x_{51} - 0.5156 x_{61} - 0.5078 x_{62} + 1.1294 x_{71} + 0.0636 x_{81} - 0.1501 x_{82} - 0.1076 x_{83} - 0.8701 x_{91} - 0.2321 x_{101} - 0.4097 x_{111} - 0.4450 x_{112}$

3 模型的检验与应用

3.1 模型的检验

数量化理论模型的预报精度可用样本复相关系数(\hat{y} 与 y 之间的样本相关系数 $r_{\hat{y}y}$)来衡量。

$$r_{\hat{y}y} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

三级预报模型中: $r_{\hat{P}_1y_1} = 0.774, r_{\hat{P}_2y_2} = 0.843, r_{\hat{P}_3y_3} = 0.783;$

四级预报模型中: $r_{\hat{P}_1y_1} = 0.744, r_{\hat{P}_2y_2} = 0.832, r_{\hat{P}_3y_3} = 0.806, r_{\hat{P}_4y_4} = 0.884。$

$n = 73$,说明线性相关关系极显著,可以用来预测预报。

3.2 回报结果

根据73个样本的项目、类目取值分别代入上

述4个预报方程,求出各样本条件下的 $\hat{P}_i(i = 1,2,3,4)$ 值列于表中,在第一个样本的4个预报值中,取概率最大者设为1,表示预报该样本条件下大豆食心虫危害程度为该级别,其它设为0,表示不发生。回报结果见表3。

表中 P 表示实际级别; R 表示回报级别; J 表示判断误差

此外,本文还进行了四级预测,四级标准划分方法如下:

将已有的黑龙江省双城市73个大豆食心虫的观测值拟合正态分布[$Y \sim N(11.0,10.8^2), p\{ > \chi^2\} > 0.1$],按此分布划分大豆食心虫危害程度分为如下4个等级:

1级 y_1 :无危害一系指有虫但没有发生危害,虫食率小于3%, $p(Y \leq 3\%) = 0.20;$

2级 y_2 :危害一系指有虫出现并达到危害,虫食率大于3%但小于10%,即 $p(3\% < Y \leq 10\%) = 0.30;$

3级 y_3 :重危害一指有虫出现危害,虫食率大于10%但小于是25%, $p(10\% < Y \leq 25\%) = 0.40;$

4级 y_4 :严重危害一指虫食率大于25%, $p(Y > 25\%) = 0.10;$

每一个样本值(虫食率)必属于上述4个等级之一,即每个样品都在其中的一个类目上有反应。对第 i 个样品来说,它在 y_{pi} 上有反应,就令 $y_{pi} = 1$,否则 $y_{pi} = 0$,其它计算方法同三级标准。

3.3 结果分析

由表3的结果可以看到,对73个样本三级模型的回报中,完全正确的有63个,回报率为86.30%,预报等级误差为1级的有为8个,占总样本数的10.96%,即完全正确的和只相差1个级别的占97.26%,误差为两级者只有2个,占2.74%,可以说回报精度很好。

73个样本四级模型的回报中完全正确的55个,正确率为75.34%,预报等级误差为1级的有为14个,占总样本数的19.17%,即完全正确的和只相差1个级别的占94.52%,误差为两级及两级以上者只有4个,占5.48%,也达到了应用的精度要求。

4 结论

应用预报模型对样本进行回报,其回报的成功率达到了应用的要求,由于资料所限未进行预报试验。模型在建立时应用的仅有双城市的资料,由于范围比较小,气象资料没有更精确的数据,一些定

性的数据也是整个双城市的总体情况,如百米蛾量、幼虫越冬基数等,只有年份差别,在同一年的不同样本中,环境条件无法区分,导致回报成功率下

降。期望在更大范围内使用该方法建立模型会有更好的结果。

表3 三级预测模型的适合效应

Table 3 The fitting effect on the model of three grades prediction

样本号 Sample number	实测值 Measured value			回报值 Return value			p	R	J	样本号 Ssample number	实测值 Measured value			回报值 Return value			p	R	J
	y ₁	y ₂	y ₃	P ₁	P ₂	P ₃					y ₁	y ₂	y ₃	P ₁	P ₂	P ₃			
1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	38	1	0	0	1	0	0	1	1	0
2	1	0	0	0	1	0	1	2	1	39	0	1	0	0	1	0	2	2	0
3	0	1	0	0	1	0	2	2	0	40	0	1	0	0	1	0	2	2	0
4	0	1	0	0	1	0	2	2	0	41	0	1	0	0	1	0	2	2	0
5	0	1	0	0	1	0	2	2	0	42	0	1	0	1	0	0	2	1	1
6	0	1	0	0	1	0	2	2	0	43	1	0	0	1	0	0	1	1	0
7	0	1	0	0	1	0	2	2	0	44	1	0	0	1	0	0	1	1	0
8	1	0	0	1	0	0	1	1	0	45	1	0	0	1	0	0	1	1	0
9	0	0	1	0	0	1	3	3	0	46	1	0	0	0	1	0	1	2	1
10	0	1	0	0	1	0	2	2	0	47	1	0	0	1	0	0	1	1	0
11	0	0	1	0	1	0	3	2	1	48	0	1	0	0	1	0	2	2	0
12	0	1	0	0	1	0	2	2	0	49	0	1	0	0	1	0	2	2	0
13	0	1	0	0	1	0	2	2	0	50	0	0	1	0	0	1	3	3	0
14	0	1	0	0	1	0	2	2	0	51	1	0	0	0	0	1	1	3	2
15	0	1	0	0	1	0	2	2	0	52	0	0	1	0	0	1	3	3	0
16	0	1	0	0	1	0	2	2	0	53	0	0	1	0	0	1	3	3	0
17	0	0	1	0	0	1	3	3	0	54	0	0	1	0	0	1	3	3	0
18	0	1	0	0	1	0	2	2	0	55	0	1	0	0	1	0	2	2	0
19	0	0	1	0	0	1	3	3	0	56	0	0	1	0	1	0	2	3	1
20	0	1	0	0	0	1	2	3	1	57	0	1	0	0	1	0	2	2	0
21	0	1	0	0	1	0	2	2	0	58	0	1	0	0	1	0	2	2	0
22	0	1	0	0	1	0	2	2	0	59	1	0	0	0	1	0	1	2	1
23	0	0	1	0	1	0	3	2	1	60	0	0	1	0	0	1	3	3	0
24	0	1	0	0	1	0	2	2	0	61	0	1	0	0	1	0	2	2	0
25	0	1	0	0	1	0	2	2	0	62	0	1	0	0	1	0	2	2	0
26	0	1	0	0	1	0	2	2	0	63	0	1	0	0	1	0	2	2	0
27	0	1	0	0	1	0	2	2	0	64	0	0	1	0	0	1	3	3	0
28	0	1	0	0	1	0	2	2	0	65	0	0	1	0	0	1	3	3	0
29	0	1	0	0	1	0	1	1	0	66	0	0	1	0	0	1	3	3	0
30	1	0	0	1	0	0	1	1	0	67	0	1	0	0	1	0	2	2	0
31	1	0	0	1	0	0	1	1	0	68	0	1	0	0	1	0	2	2	0
32	1	0	0	1	0	0	1	1	0	69	0	0	1	1	0	0	1	3	2
33	0	1	0	0	1	0	2	2	0	70	1	0	0	1	0	0	1	1	0
34	1	0	0	1	0	0	1	1	0	71	1	0	0	1	0	0	1	1	0
35	1	0	0	1	0	0	1	1	0	72	1	0	0	1	0	0	1	1	0
36	1	0	0	1	0	0	1	1	0	73	1	0	0	1	0	0	1	1	0
37	0	1	0	0	1	0	2	2	0										

参考文献

[1] 王连霞. 大豆食心虫发生规律及生物防治技术[J]. 黑龙江农业科学, 2011(2):59-60. (Wang L X. Occurrence and biological control of soybean pod borer technology[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2011(2):59-60.)

[2] 范艳玲,李新岗,韩颖,等. 虫害挥发物对邻近枣树直接防御反应的激发作用[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2010,38(5):106-110. (Fan Y L, Li X G, Han Y, et al. Direct defense responses of healthy jujube primed by herbivore-induced plant volatiles[J]. Journal of Northwest A & F University(Natural Science Edition), 2010,38(5):106-110.)

火焰原子吸收光谱法测定了黑大豆中 Ca、Mg、Cu、Zn 的含量,发现不同消解法对测定结果有一定影响。大豆样品含有大量的油脂和蛋白质,因而较难消解。用湿法消解需加入较多的混合酸且费时,加热消解过程中产生的气体对身体有害,并且需要在通风厨中进行实验。微波消解克服了传统样品处理方法的缺点,具有节能、省时、污染少等优点,已成为试样分解不可缺少的方法之一^[8]。该实验选用的以硝酸加双氧水为消解体系,在优化的消解程序下(表1),处理样品,样品处理完全,回收率高。数据测定较为可靠。通过火焰原子吸收对黑豆的中 Zn、Cu、Ca、Mg 含量测定,结果表明:黑豆中微量元素 Mg 和 Ca 的含量较为丰富,其次是 Zn 和 Cu。该方法方便、快捷、结果准确可靠,为测定食品中的微量元素提供了一个实用的方法,为研究黑大豆微量元素含量,提供一定的参考数据。

参考文献

- [1] 张玉芝. 微量元素与人体健康[J]. 微量元素与健康研究, 2004, 21(3): 56-57. (Zhang Y Z. Trace elements and human health[J]. Studies of Trace Elements and Health, 2004, 21(3): 56-57.)
- [2] 单振芬. 微量元素检测的方法学讨论[J]. 微量元素与健康研究, 2009, 26(6): 63-64. (Shang Z F. The methodology of the trace element detection discussion[J]. Studies of Trace Elements and Health, 2009, 26(6): 63-64.)
- [3] 何余湧, 许赛英. 不同加热时间对大豆蛋白质溶解度影响的研究[J]. 江西饲料, 2011(5): 8-10. (He Y Y, Xu S Y. Effect of different heating time on soybean protein solubility[J]. Jiangxi Feed, 2011(5): 8-10.)
- [4] 李祿慧, 徐妙云, 张兰, 等. 不同作物中维生素 E 含量的测定和比较[J]. 中国农学通报, 2011, 27(26): 124-128. (Li L H, Xu M Y, Zhang L, et al. Determinate and analysis the content of vitamin E in different species[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(26): 124-128.)
- [5] 王燕. 大豆水溶性蛋白质含量测定的不确定度评论[J]. 粮食储藏, 2011, 40(5): 35-38. (Wang Y. The uncertainty of determination of water soluble protein in soybean[J]. Grain Storage, 2011, 40(5): 35-38.)
- [6] 刘丽, 金宏, 许志勤, 等. 大豆异黄酮对电离辐射小鼠胸腺细胞周期、凋亡与增殖的影响[J]. 营养学报, 2006, 28(4): 311-317. (Liu L, Jin H, Xu Z Q, et al. Effects of soybean isoflavones on cell cycles, cell apoptosis and proliferation on thymocytes in irradiated mice[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2006, 28(4): 311-317.)
- [7] 任成忠, 毛丽芬. 加标回收实验的实施及回收率计算的研究[J]. 工业安全与环保, 2006, 32(2): 9-12. (Ren C Z, Mao L F. Study on the practice of standard recovery test and calculation of recovery rate[J]. Industrial Safety and Environmental Protection, 2006, 32(2): 9-12.)
- [8] 许萍, 牟仁祥, 曹赵云, 等. 密闭式微波消解方法综述[J]. 光谱实验室, 2009, 26(1): 57-59. (Xu P, Mou R X, Cao Z Y, et al. Review of analytical method for microwave digestion with closed vessels[J]. Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory, 2009, 26(1): 57-59.)
- [3] 赵晓丽. 防治大豆食心虫方法的研究[J]. 大豆科学, 2004, 23(1): 77-80. (Zhao X L. Methods for controlling soybean (*Leguminivora glycinivorella*) [J]. Soybean Science, 2004, 23(1): 77-80.)
- [4] 高月波, 卢宗志, 孙雅杰, 等. 大豆食心虫预测预报的研究与应用[J]. 吉林农业科学, 2005, 30(3): 18-20, 37. (Gao Y B, Lu Z Z, Sun Y J, et al. Studies on forecasting the occurrence of soybean moth (*Leguminivora glycinivorella*) and its application [J]. Jilin Agricultural Sciences, 2005, 30(3): 18-20, 37.)
- [5] 何晓群. 多元统计分析(第三版)[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2012: 36-88. (He X Q. Multivariate statistical analysis (Third Edition) [M]. Beijing: Chinese People's University Press, 2012: 36-88.)
- [6] 董文泉, 周光亚. 数量化理论及其应用[M]. 长春: 吉林人民出版社, 1979: 1-48. (Dong W Q, Zhou G Y. Quantification theory and application [M]. Changchun: Jilin People's Press, 1979: 1-48.)
- [7] 吴敬, 洪伟, 翁少容, 等. 马尾松毛虫消长预报的数量化模型[J]. 林业科学, 1983, 19(1): 39-45. (Wu J, Hong W, Weng S R, et al. The quantized model for forecasting the growth and decline of *Dndrolimus punitatus* walker [J]. Scientia Silvae sinicae, 1983, 19(1): 39-45.)
- [8] 徐丹, 邓华玲. 投影寻踪回归模型在大豆食心虫食率预测中的应用[J]. 东北农业大学学报, 2009, 40(2): 98-101. (Xu D, Deng H L. Application of projection pursuit regression model to forecast of moth-eaten ratio of *Leguminivora glycinivorella* Mats [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2009, 40(2): 98-101.)
- [9] 徐丹, 邓华玲. 大豆食心虫灰色灾变长期预测模型的研究——以黑龙江省为例[J]. 农机化研究, 2009(9): 26-29. (Xu D, Deng H L. Studies on long period forecasting models of grey catastrophe about the *Leguminivora Glycinivorella* in Heilongjiang Province [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2009(9): 26-29.)

(上接第 644 页)