

# 模糊综合评价分析两种生物农药单剂对小麦储藏品质的影响

张 嫚, 谢令德, 涂文博, 周剑晖, 贺艳萍\*

(武汉轻工大学食品科学与工程学院, 湖北 武汉 430023)

**摘 要:**应用单因素方差分析和模糊综合评价, 研究蛇床子素和多杀菌素两种生物农药单剂对小麦储藏品质的影响。建立小麦储藏品质变化的模糊综合评价模型, 分析储藏4个月和8个月小麦品质多指标动态变化模型, 先用极差变换及线性比例变换对指标矩阵进行无量纲化处理, 再用夹角余弦法确定权重向量, 最后得到模糊综合评价值, 并用拉依达检验法检验。结果表明: 储藏4个月和8个月的综合评分值 $H$ 和 $F$ 均小于 $2s$  ( $2s$ 相当于显著水平 $\alpha=0.05$ ), 确定了评价模型的可行性, 也表明了各样品差异不显著, 即分别拌以0.50、0.75、1.00 mg/kg的1.0%蛇床子素粉剂和0.50、1.00、1.50 mg/kg的0.5%多杀菌素粉剂的小麦样品与不拌药的小麦样品在储藏8个月内的品质没有显著影响, 为小麦品质储藏寻求到较为安全的两种生物农药, 同时也为粮食品质储藏研究工作提供了一个重要的分析方法。

**关键词:**模糊综合评价; 蛇床子素; 多杀菌素; 小麦; 储藏品质

## Effects of Two Kinds of Biopesticides on the Storage Quality of Wheat Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation

ZHANG Man, XIE Lingde, TU Wenbo, ZHOU Jianhui, HE Yanping\*

(College of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China)

**Abstract:** The effects of two kinds of bio-pesticide, osthole and spinosyn on the storage quality of wheat were studied with one-way analysis of variance (ANOVA) and fuzzy comprehensive evaluation. The fuzzy comprehensive evaluation model was established to evaluate the changes in wheat storage quality. During wheat storage for four and eight months, an index matrix of fuzzy comprehensive evaluation model was constructed. First of all, the index matrix was nondimensionalized with range transformation and linear scaling transformation, and then the weight vector was determined based on angle cosine. Finally, the fuzzy comprehensive evaluation value was achieved by using the Paŭta test method. In this case, the model was of practical applicability. The results demonstrated that comprehensive evaluation values of  $H$  and  $F$  for 4- and 8-month storage respectively were less than  $2s$  ( $2s$  is equivalent to a significant level). The quality of wheat in the presence of 0.50, 0.75 and 1.00 mg/kg of 1.0% osthole powder or 0.50, 1.00 and 1.50 mg/kg of 0.5% spinosyn powder was not significantly different from the control during storage for eight months. In a conclusion, osthole and spinosyn are safe for the storage quality of wheat and the fuzzy comprehensive evaluation model could be considered as an important approach to understand quality preservation of grains during storage.

**Key words:** fuzzy comprehensive evaluation; osthole; spinosyn; wheat; storage quality

中图分类号: TS207.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2015) 04-0232-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201504046

小麦是我国主要口粮, 其储藏品质的好坏直接影响人们的健康, 但是在储藏过程中易遭受虫害, 引起粮食发热、霉变、品质下降<sup>[1-2]</sup>。目前, 我国防治储粮害虫主要采用化学农药防治, 熏蒸剂以磷化氢为主, 防护剂则以防虫磷为主。然而化学农药的长期而单一地使用, 使整个农业生态系统已经日趋恶化, 迫使研究人员和企业

将注意力转向低毒、低残留、不易产生抗性的生物农药的开发与使用<sup>[3]</sup>。近年来, 已经取得显著成果并得到广泛应用或具有一定应用前景的天然物质有抗生素如多杀菌素<sup>[4]</sup>, 植物次生物质如蛇床子素、苦皮藤素<sup>[5-6]</sup>等。

蛇床子素是从植物蛇床子中提取的香豆素, 其化学名称为7-甲氧基-8-异戊烯基香豆素<sup>[7]</sup>, 作为一种新型的

收稿日期: 2014-07-04

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2011BAD16B16-3-4); 国家粮食局公益性行业科研专项(201313002-3-2)

作者简介: 张嫚(1988—), 女, 硕士研究生, 研究方向为粮食储藏。E-mail: zm638029@163.com

\*通信作者: 贺艳萍(1976—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为粮食储藏。E-mail: yanping.he@gmail.com

植物源杀虫剂对害虫、植物病原菌亦有显著作用<sup>[8]</sup>。近年来,潘俊等<sup>[9]</sup>研究表明蛇床子素粉剂0.50 mg/kg对玉米象、谷蠹和赤拟谷盗的防治效果好于商业防护剂谷虫净(0.42 mg/kg)和防虫磷(10 mg/kg)。夏长秀等<sup>[10]</sup>研究表明蛇床子素粉剂1.6 mg/kg对长角扁谷盗成虫的防治效果好于谷虫净,与防虫磷防治效果间没有显著性差异。而多杀菌素是一种新型的微生物源抗生素杀虫剂,近年来也受到越来越多的关注,在世界上一些国家已经被批准作为谷物保护剂使用<sup>[11]</sup>。Sparks等<sup>[12]</sup>认为多杀菌素产生抗性的潜在可能性很低,它对影响粮食的重要害虫具有极高的活性,对哺乳动物、鱼类、鸟类及大多数益虫具有极高的安全界限。研究<sup>[13]</sup>表明,1.0 mg/kg多杀菌素对谷蠹、锯谷盗、玉米象、米象和赤拟谷盗等常见储粮害虫的成虫及幼虫有较好的防治效果,其中对防治谷蠹的效果最佳,它具有独特的杀虫作用机制,目前与常用的化学杀虫药剂磷化氢等无明显的交互抗性。

但目前蛇床子素粉剂和多杀菌素对小麦储藏品质是否有影响还没有系统的研究,基于此,本实验就1%蛇床子素粉剂和0.5%多杀菌素粉剂这两种生物农药对小麦储藏品质影响展开研究,采用拌粮法对小麦拌以不同的剂量的两种生物药剂,在自然温度条件下储藏,在一定的储藏时间内测定各样品多因素品质指标的变化,先用单因素方差分析样品单个指标的变化,同时鉴于小麦的多指标因素动态性变化尚不能对其储藏品质做出定量的测定,将引入模糊综合评价模型对同一药剂不同剂量的样品进行分析比较,为原粮的品质保障寻求较好的、更为安全的生物农药,同时为分析多指标的粮食品质储藏研究工作寻求一个重要的分析工具。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

#### 1.1.1 材料

粮食为豫麦18号,2013年产于河南邓州。小麦储藏前品质情况见表1。

表1 小麦储藏前品质情况  
Table 1 Wheat quality before storage

原粮	数量/kg	储藏时间	水分含量/%	面筋吸水率/%	峰值黏度/(Pa·s)
小麦	29.4	2013年8月	11.5±0.1	65.4±2.9	1 443.2±68.9

#### 1.1.2 试剂

1.0%蛇床子素粉剂 武汉天惠生物工程有限公司; 0.5%多杀菌素粉剂 美国陶氏益农公司; 氯化钠、碘化钾、碘、邻苯二甲酸氢钾(均为分析纯) 天津科密欧化学试剂有限公司。

### 1.2 仪器与设备

LE104E电子分析天平(1/10 000)、PL1001-L电

子天平(1/10) 梅特勒-托利多(上海)有限公司; GXZ-9070ME数显鼓风干燥箱 上海博讯实业有限公司; JSFM-1粮食水分测试磨 北京京晶科技有限公司; JXFM100X40锤式旋风磨 上海嘉定粮油仪器有限公司; RVA Super4快速黏度仪 澳大利亚Newport Scientific Pty公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 小麦处理

小麦经过过筛除杂处理后作为供试粮食,1.4 kg小麦作为一个处理单位,采用拌粮法分别拌以0.50、0.75、1.00 mg/kg的1%蛇床子素粉剂和0.50、1.00、1.50 mg/kg的0.5%多杀菌素粉剂,以不加农药组为对照,每组处理3个重复,其中,0.50 mg/kg 1%蛇床子素粉剂和1.00 mg/kg 0.5%多杀菌素粉剂是两种单剂的最佳杀虫剂量<sup>[9-13]</sup>。混匀后的样品装在规格为(220 mm×330 mm)的自封袋中,在自然温度条件下储藏,隔4个月左右测定小麦的储藏品质指标变化数据,参考《粮油检验:一般规则》<sup>[14]</sup>,设定小麦储藏品质测定指标为:水分含量、面筋吸水率和黏度。

#### 1.3.2 指标测定

水分含量的测定按照GB/T 5497—1985《粮食、油料检验:水分测定法》<sup>[15]</sup>中的105℃恒重法测定;面筋吸水率的测定按照GB/T 5506.3—2008《小麦和小麦粉:面筋含量:第3部分:烘箱干燥法测得干面筋》<sup>[16]</sup>执行,其中湿面筋用GB/T 5506.1—2008《小麦和小麦粉:面筋含量:第1部分:手洗法测定湿面筋》<sup>[17]</sup>中的手洗面筋法测定;黏度的测定按照LS/T 6101—2002《谷物粘度测定:快速粘度仪法》<sup>[18]</sup>和GB/T 24852—2010《大米及米粉糊化特性测定:快速粘度仪法》<sup>[19]</sup>测定。

### 1.4 数据处理与统计分析

#### 1.4.1 单因素方差分析

利用SPSS 17.0统计软件(One-Way ANOVA)对数据进行处理,多重比较采用LSD检验法和Duncan法,得到空白组和实验组7组样品的 $\bar{x} \pm s$ ,分析单个指标对7组样品的差异显著性。

#### 1.4.2 模糊综合评价模型的建立和验证

对小麦的水分含量、面筋吸水率、峰值黏度这3个储藏品质指标进行综合评价步骤如下:

首先对原始矩阵 $x=[水分含量, 面筋吸水率, 峰值黏度]$ ,统一评价指标的属性,即指标的无量纲化处理<sup>[20]</sup>。

$$y = (y_{ij})_{7 \times 3}, y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_j x_{ij}}{\max_j x_{ij} - \min_j x_{ij}} \quad (1 \leq i \leq 7, 1 \leq j \leq 3) \quad (1)$$

$$z = (z_{ij})_{7 \times 3}, z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_j x_{ij}} \quad (1 \leq i \leq 7, 1 \leq j \leq 3) \quad (2)$$

式（1）、（2）中： $x_{ij}$ 表示第*i*个样品第*j*个指标的  
值，采用极差变换及线性比例变换进行无量纲化处理，  
得到矩阵*y*和*z*，其中，经过数据归一化处理后，满足  
 $0 \leq y_{ij} \leq 1$ ， $0 \leq z_{ij} \leq 1$ ，且均为正向指标，最优值为1，最  
劣值为0。

进而设定指标权重。本实验采用夹角余弦法建立客  
观性权重向量<sup>[21]</sup>。先由指标矩阵*x*得到各方案与理想最佳  
和最劣方案的相对偏差矩阵*R*和*T*，再求出*R*和*T*两矩阵的  
对应列向量的夹角余弦，作为初始权重，归一化后得到  
客观性权向量*w*。

然后计算综合评价值如下：

$$H_i = \sum_{j=1}^3 y_{ij} w_j, F_i = \sum_{j=1}^3 z_{ij} w_j \quad (3)$$

式（3）中：依据矩阵*y*可得*i*个样品的综合评价得分  
*H<sub>i</sub>*，矩阵*z*可得第*i*个样品的综合评价得分为*F<sub>i</sub>*，且*H<sub>i</sub>*和*F<sub>i</sub>*  
越大越好。

最后验证各样品的综合价值*H*和*F*的差异显著性。  
本实验采用拉依达检验法验证<sup>[22]</sup>：对可疑数据*x<sub>p</sub>*，若：  
 $|x_p - \bar{x}| > 3s$ ，则将该实验值剔除。其中，3*s*相当于显  
著水平*a*=0.01，2*s*相当于显著水平*a*=0.05，那么小于  
2*s*则说明各样品不显著。

应用MATLAB程序编写小麦品质指标的模糊综合评  
价模型代码如下：

%原始数据*x*=[水分含量，面筋吸水率，峰值黏  
度]，7个样品3个指标；7行3列的矩阵*x*=[]；%原始  
数据归一化；%3个指标均属于相对越大越好，为效益  
型指标。%运用极差变化法建立无量纲的效益型矩阵：  
*y*=(*x*-min(min(*x*))) / (max(max(*x*))-min  
(min(*x*)))，[*m,n*]=size(*x*)；%运用线性比例变  
化法建立无量纲的效益型矩阵*z*：*z*=[*x*(1:*m*,1) / (max  
(*x*(1:*m*,1))) , *x*(1:*m*,2) / (max(*x*(1:*m*,2))) , *x*  
(1:*m*,3) / (max(*x*(1:*m*,3))) ]；%理想最佳和最劣  
样本向量*U*和*V*：*U*=[max(*x*(1:*m*,1:*n*)) ]，*V*=[min(*x*  
(1:*m*,1:*n*)) ]；%计算相对偏差矩阵*R*与*T*，range(*x*)表示  
求解数据中最大值与最小值之差，ones(7,1)表示生成7行  
1列的全1阵：%*R*=abs(*x*-ones(7,1)\**U*) / (ones(7,1)  
\*range(*x*))，*r<sub>1</sub>*=abs(*x*-ones(7,1)\**U*)，*r<sub>2</sub>*=ones(7,1)  
\*range(*x*)，*R*=*r<sub>1</sub>*/*r<sub>2</sub>*，*v<sub>1</sub>*=abs(*x*-ones(7,1)\**V*)；*T*=*v<sub>1</sub>*/  
*r<sub>2</sub>*；%运用夹角余弦法建立权重向量*w*：*r*=normc(*R*)，  
*t*=normc(*T*)，*w*=sum((*r*.\**t*))/sum(sum(*r*.\**t*))；%  
计算综合评价值：*H*=*y*\*(*w'*)，*F*=*z*\*(*w'*)。

2 结果与分析

2.1 小麦品质指标的单因素方差分析

储藏4个月和8个月的小麦品质指标数据经统计分析  
后的结果见表2、3。

表2 储藏4个月的小麦品质指标的数据及差异分析

Table 2 Statistics and difference analysis of wheat quality indexes after 4 months of storage

生物农药	处理剂量/(mg/kg)	水分含量/%	面筋吸水率/%	峰值黏度/(Pa·s)
不加农药组	0	12.9±0.2 <sup>a</sup>	68.3±1.2 <sup>abc</sup>	1 323.7±22.9 <sup>b</sup>
	0.50	12.6±0.1 <sup>a</sup>	69.6±0.6 <sup>a</sup>	1 329.8±27.7 <sup>b</sup>
1%蛇床子 素粉剂	0.75	12.7±0.2 <sup>a</sup>	66.3±1.3 <sup>c</sup>	1 292.5±60.6 <sup>b</sup>
	1.00	12.5±0.2 <sup>a</sup>	66.3±2.1 <sup>c</sup>	1 388.0±7.9 <sup>a</sup>
0.5%多杀 菌素粉剂	0.50	12.9±0.1 <sup>a</sup>	67.9±1.4 <sup>abc</sup>	1 329.5±0.7 <sup>b</sup>
	1.00	12.6±0.5 <sup>a</sup>	68.9±0.8 <sup>ab</sup>	1 298.8±11.7 <sup>b</sup>
	1.50	12.7±0.2 <sup>a</sup>	66.8±1.2 <sup>bc</sup>	1 312.3±2.3 <sup>b</sup>

注：数据肩标不同字母表示同列数值之间具有显著差异（*P*<0.05）。下同。

表3 储藏8个月的小麦品质指标的变化及差异分析

Table 3 Changes and difference analysis of wheat quality indexes after storage for 8 months

生物农药	处理剂量/(mg/kg)	水分含量/%	面筋吸水率/%	峰值黏度/(Pa·s)
不加农药组	0.0	12.2±0.1 <sup>a</sup>	67.7±1.4 <sup>bc</sup>	1 295.7±37.6 <sup>a</sup>
	0.5	12.0±0.1 <sup>ab</sup>	67.4±0.7 <sup>bc</sup>	1 254.7±94.1 <sup>a</sup>
1%蛇床子 素粉剂	0.75	12.1±0.1 <sup>a</sup>	68.9±0.8 <sup>ab</sup>	1 299.7±86.6 <sup>a</sup>
	1.0	11.8±0.3 <sup>b</sup>	67.3±0.7 <sup>bc</sup>	1 262.0±100.1 <sup>a</sup>
0.5%多杀 菌素粉剂	0.5	12.0±0.1 <sup>ab</sup>	67.8±0.8 <sup>bc</sup>	1 265.0±125.2 <sup>a</sup>
	1.0	11.9±0.3 <sup>ab</sup>	66.8±0.9 <sup>c</sup>	1 349.0±32.2 <sup>a</sup>
	1.5	12.0±0.2 <sup>ab</sup>	70.0±0.6 <sup>a</sup>	1 253.7±77.6 <sup>a</sup>

分析表2和表3中拌以1%蛇床子素粉剂的3个实验组  
和不加农药组，结果表明：在小麦储藏4个月时拌以高剂  
量的1.0 mg/kg的1%蛇床子素粉剂的峰值黏度与不加农药  
组有显著性差异，在储藏8个月时的水分含量与不加农药  
组有显著性差异，其他指标均不显著。峰值黏度较高，  
说明拌以高剂量的1.0 mg/kg的1%蛇床子素粉剂对小麦  
储藏品质影响较好，正如黄婷等<sup>[23]</sup>指出，一般情况下，  
峰值黏度越高，熟面条在光滑、弹性、咬劲方面品质越  
好。峰值黏度是衡量淀粉糊化特性的最重要指标，峰  
值黏度过低时， $\alpha$ -淀粉酶活性过强，更多的淀粉链被  
 $\alpha$ -淀粉酶切断，使面粉糊液化，导致面团发黏，无论做  
面包、面条、糕点都对操作不利，制粉品质相对也差。

分析拌以0.5%多杀菌素粉剂的3个实验组和不加  
农药组，结果表明：小麦储藏8个月时，拌以高剂量的  
1.5 mg/kg的0.5%多杀菌素粉剂的面筋吸水率与不加农  
药组有显著性差异，其他指标均不显著。面筋吸水率较  
大，说明高剂量的0.5%多杀菌素粉剂对小麦储藏品质有  
较好的影响。在小麦储藏过程中，蛋白质的总量基本不  
发生变化，但是组成却发生了很大的变化，主要是形成  
小麦面筋的麦醇溶蛋白和麦谷蛋白的比例发生了变化，  
面筋的品质下降，而面筋吸水率就是反映面筋品质很好  
的指标<sup>[24]</sup>。新收获的小麦储藏过程中由于后熟的作用，  
醇溶性蛋白和麦谷蛋白的含量均有所增加，蛋白质中的  
巯基含量也明显增高<sup>[25]</sup>，通过巯基氧化成二硫键，可使麦  
谷蛋白进一步交联，促使麦谷蛋白线性聚合物增加，这一



变化导致面团流变特性发生变化,就面筋蛋白质而言,主要是麦谷蛋白的变化导致小麦储藏品质发生变化<sup>[26-27]</sup>。

单因素方差分析发现,所测试指标在测试期内数值上有变化,而且个别指标与空白组具有显著差异。但显著差异指标却是朝着小麦品质好的方向变化。黄昌化等<sup>[28]</sup>研究表明蛇床子素对8种植物病原真菌和7种病原细菌有不同程度的抑制作用,其中对小麦赤霉病菌的抑制作用最佳,防止小麦发霉,有益于小麦品质。

像小麦这样的活体,单个指标的变化对小麦储藏品质的影响关系还不能明确给予说明。正如美国谷物化学家们指出:外部和内部因素能在各种生理学、细胞学、遗传学水平上影响种子陈化过程,储藏期内产生的各种代谢应该是陈种子发生变化的基本原因<sup>[29]</sup>。小麦的品质变化有物理指标、化学成分以及生理指标等,而影响这些品质指标的影响因素除了有储藏时间外还受到储藏条件的影响,例如温度、水分、相对湿度、空气、微生物等<sup>[30]</sup>,在分析多指标动态性复合变化时需要借助更好的分析方法来予以说明,因此又引入模糊综合评价分析法对多指标评价数据进行了进一步分析。

## 2.2 小麦储藏品质的模糊综合评价模型和验证

储藏4个月和8个月的小麦品质指标的模糊综合评价值的分析结果见表4。

表4 小麦储藏品质的模糊综合评价值

Table 4 Fuzzy comprehensive evaluation values of wheat storage quality

样品	储藏4个月		储藏8个月	
	综合评价值H	综合评价值F	综合评价值H	综合评价值F
不加农药组	0.381 3	0.976 7	0.251 0	0.979 2
拌0.5 mg/kg蛇床子素粉剂	0.383 3	0.976 2	0.243 3	0.963 4
拌0.75 mg/kg蛇床子素粉剂	0.372 1	0.954 7	0.252 0	0.982 3
拌1.0 mg/kg蛇床子素粉剂	0.399 0	0.976 3	0.244 5	0.957 4
拌0.5 mg/kg多杀菌素粉剂	0.382 9	0.976 7	0.245 3	0.967 2
拌1.0 mg/kg多杀菌素粉剂	0.374 4	0.964 6	0.260 5	0.9743
拌1.5 mg/kg多杀菌素粉剂	0.377 8	0.962 3	0.243 8	0.975 8
2 s	0.017 6	0.018 1	0.012 6	0.018 0
最大值—平均值	0.017 5	0.007 1	0.011 9	0.010 9
平均值—最小值	0.009 4	0.014 9	0.005 3	0.014 0

由表4可以看出,储藏4个月和8个月的小麦用两类不同的标准化处理方法,得到的综合评分值H和F均小于2 s,两种方法的评估结果相吻合,表明此方法有较高的可靠性。结果可以看出,不论储藏4个月还是8个月,拌以0.5、0.75、1.0 mg/kg的1%蛇床子素粉剂和0.5、1.0、1.5 mg/kg的0.5%多杀菌素粉剂的两种生物农药对小麦的储藏品质影响不显著。

模糊综合评价模型<sup>[21]</sup>是一种功能强大的分析方法,近年来,该方法对受到多个因素制约的事物或对象做出一个总体的评价,避免了从多方面对事物进行评价难免带有模糊性和主观性,在科学研究中得到了广泛的应

用,如产品质量评定、科技成果鉴定等,都属于综合评价问题,汤卫东等<sup>[31]</sup>也曾运用模糊综合评判法对苹果的主要品质指标进行了综合评定。这种方法定量地分析出多指标动态复合变化下两种生物农药对小麦储藏品质影响的情况,为深入研究粮食储藏品质中多指标动态复合变化的规律,具有深远的现实意义。

## 3 讨论

随着我国可持续植保发展战略的实施,对粮食储藏过程中应用的化学药剂的安全要求日益严格,既要防治储粮害虫,又不会对储粮环境和人类健康构成威胁。易分解、低残留的生物农药的研究和应是时代发展的需要。作为植物源生物农药的蛇床子素粉剂<sup>[32]</sup>和微生物源生物农药的多杀菌素<sup>[33]</sup>在储粮害虫防治中将起到重要的作用。研究<sup>[34]</sup>发现,植物性材料用于防治储粮害虫在我国有3 000多年的悠久历史,蛇床作为草本伞形花科植物,多为野生,长在田间地头或山坡草丛,我国大部分地区均有分布<sup>[35]</sup>。多杀菌素已经在60多个国家登记用于防治多种害虫<sup>[33]</sup>。因谷物的非均匀特性以及太阳光分解,1.00 mg/kg多杀菌素在应用1星期内存在25%~30%的损耗,但剩余多杀菌素有效成分能60~300 t不同规模粮仓中能有效防治多种常见储粮害虫,且其有效成分能持续1 a以上<sup>[13]</sup>。

储粮防护剂蛇床子素和多杀菌素需在谷物刚收割储藏前使用,起到预防储粮害虫感染谷物作用,且需谷物经磷化氢等熏蒸剂熏蒸后使用。也可以利用专家系统合理规划蛇床子素、多杀菌素与其他储粮防护剂轮换或混合使用,达到避免或减缓储粮害虫对单一储粮防护剂产生抗性、扩大防治储粮害虫谱和降低单一储粮防护剂的使用量并增加其使用间隔时间<sup>[13]</sup>。目前,这两种生物农药主要可用于两个方面,一是农户储粮;二是配合化学农药在大型粮仓或检疫大船粮仓中使用。在今后仍需要继续研究生物农药在粮食中的残留量及对其他原粮的储藏品质影响。

小麦储藏品质多指标动态变化,应用模糊综合评价方法,是可行的、为粮食品质变化的分析提供了一个重要工具。在储藏的8个月内,拌以1.0%蛇床子素粉剂和0.5%多杀菌素粉剂的两种生物农药单剂的小麦样品在有效的用药范围内对小麦储藏品质没有显著影响。小麦储藏品质变化,有多因子动态变化的情况,不建议单因素分析,可凭借一定量的仪器分析材料,可以建立数学模型分析问题的,比如聚类分析、主成分分析、灰色关联度分析、层次分析法、BP神经网络等。

## 参考文献:

- [1] 李隆术, 赵志模. 我国仓储昆虫研究和防治的回顾与展望[J]. 昆虫知识, 2000, 37(2): 84-88.
- [2] MADDRID F J, WHITE NDG, LOSCHIAVO S R. Insect in stored cereals and their association with farming practiced in southern Manitoba[J]. Canadian Entomologist, 1990, 12(2): 515-523.
- [3] 刘清术, 刘前刚, 陈海荣, 等. 生物农药的研究动态、趋势及前景展望[J]. 农药研究与应用, 2007, 11(1): 17-22.
- [4] BHB RAMANYAM B H. Proceedings of the 9<sup>th</sup> international working conference on stored product protection[C]. Brazil: ABRPOS, 2006: 250-257.
- [5] 姚英娟, 薛东, 杨长举. 植物源农药在储粮害虫防治中的应用[J]. 粮食储藏, 2004(2): 6-9.
- [6] 邓望喜, 杨志慧, 杨长举. 几种植物性物质防治储粮害虫的初步研究[J]. 粮食储藏, 1989, 18(2): 29-34.
- [7] 黎为能, 谢金鲜. 蛇床子素药理作用的研究进展[J]. 时珍国医国药, 2005, 16(6): 530-531.
- [8] 姚英娟, 薛东, 杨长举, 等. 蛇床子提取物对几种储粮害虫的驱避和触杀效应[J]. 昆虫知识, 2006, 43(5): 653-656.
- [9] 潘俊, 谢令德, 贺艳萍, 等. 1%蛇床子素粉剂对三种储粮害虫的防效[J]. 昆虫知识, 2009, 46(4): 587-591.
- [10] 夏长秀, 李绍勤, 蔡万伦, 等. 蛇床子素粉剂对5种储藏害虫生物活性研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(9): 108-111.
- [11] 杜顺堂, 朱明军, 梁世忠. 生物农药多杀菌素的研究进展[J]. 农药, 2005, 44(10): 441-451.
- [12] SPARKS T C, CROUSE G D, DURST G. Natural products as insecticides: the biology, biochemistry and quantitative structure-activity relationships of spinosyns and spinosoids[J]. Pest Management Science, 2001, 57(10): 896-905.
- [13] 李能威, 张晓琳, 郭伟群, 等. 多杀菌素防治储粮害虫的研究进展[J]. 中国生物防治学报, 2011, 27(3): 400-403.
- [14] 国家粮食局, 国家质量技术监督局. GB/T 5490—2010 粮油检验: 一般规则[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [15] 商业部粮食储运局. GB/T 5497—1985 粮食、油料检验: 水分测定法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1985.
- [16] 国家粮食局科学研究院. GB/T 5506.3—2008 小麦和小麦粉: 面筋含量: 第3部分: 烘箱干燥法测定得干面筋[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [17] 国家粮食局科学研究院. GB/T 5506.1—2008 小麦和小麦粉: 面筋含量: 第1部分: 手洗法测定湿面筋[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [18] 国家粮食局科学研究院. LS/T 6101—2002 谷物粘度测定: 快速粘度仪法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [19] 国家粮食局科学研究院. GB/T 24852—2010 大米及米粉糊化特性测定: 快速粘度仪法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [20] 张德丰, 周燕. 详解MATLAB在统计与工程数据分析中的应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010: 148-156.
- [21] 杨纶标, 高英仪. 模糊数学原理及应用[M]. 3版. 广州: 华南理工大学出版社, 2001: 139-146.
- [22] 李云雁, 胡传荣. 实验设计与数据处理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [23] 黄婷, 汪鑫. 小麦品种面粉粘度性状的品质分析[J]. 种子, 2008, 27(1): 73-76.
- [24] 姜建枝, 安西友, 陈明伟, 等. 相同储藏条件下同年度不同品种小麦品质的变化[J]. 粮食储藏, 2011, 40(2): 50-53.
- [25] 万安平. 新收获小麦在储藏过程中品质变化规律的研究[J]. 粮食储藏, 1999, 28(2): 31-36.
- [26] 王兰, 刘玉秀, 汪宝忠, 等. 小麦储藏过程中蛋白质的变化与面粉品质关系的研究[J]. 郑州粮食学院学报, 2000, 21(2): 6-10.
- [27] 王兰, 李雪琴, 汪宝忠, 等. 储藏期小麦蛋白亚基与加工品质变异关系的研究[J]. 郑州工程学院学报, 2001, 22(1): 8-15.
- [28] 黄昌华, 杨天武, 肖凤平, 等. 蛇床子素对植物病原菌抑制效果的测定[J]. 华中农业大学学报, 2005(3): 258-260.
- [29] 美国谷物化学协会. 粮食及其加工品储藏[M]. 北京: 中国财政经济出版社, 1979: 105-106.
- [30] 刘三才, 朱志华, 张晓芳, 等. 小麦沉淀值的贮存稳定性研究初报[J]. 麦类作物学报, 2005, 25(2): 122-124.
- [31] 汤卫东, 刘杰明, 陈吉洪, 等. 苹果品质的模糊综合评价[J]. 食品与药品, 2005, 7(9): 60-63.
- [32] 仲建锋, 鲁玉杰, 刘凤杰, 等. 植物源农药杀虫机理研究进展[J]. 粮油食品科技, 2007(3): 32-34.
- [33] 陈建明, 左景行, 俞晓平, 等. 新型微生物杀虫剂-Spinosad(多杀菌素)的毒理学研究进展[J]. 浙江农业学报, 2006(5): 401-406.
- [34] 唐为民, 刘玉玲. 植物性杀虫剂在防治储粮害虫中的开发和应用[J]. 四川粮油科技, 2002(4): 19-24.
- [35] 夏长秀, 张宏宇. 蛇床子素粉剂对储粮害虫的持效性测定[J]. 湖北农业科学, 2009(1): 102-105.