

镇江市霉变指数预报

沈兴建 朱筱英 顾永顺 张 葵 田永飞 张信龙

(江苏省镇江市气象局, 212003)

提 要

统计分析了物品发生霉变的气象条件——气温、相对湿度、水汽压的气候分布概况,根据有关气象要素的分布特征设计出霉变函数的计算公式和霉变指数查算表,研制霉变指数预测模型并进行决策服务。5个月的实际应用表明,其准确率达97.4%。

关键词: 霉变指数 气温 相对湿度 水汽压 预测模型

引 言

镇江市地处长江下游,每年入夏后,特别是进入梅雨期后,由于气温上升,雨量充沛,空气中水汽含量突增,此时人们不仅会感到闷热难当,还常发现家中物品特易发生霉变,如不及时采取措施,物品会因生霉而腐烂变质,从而造成较大损失。因此,霉变灾害是人们十分关注的灾害之一。对形成物品霉变的气象条件进行分析研究,并对物品存放的环境条件是否有利于生霉进行预测,为人们及早采取防护措施,避免或减轻因生霉所造成的损失十分必要。

1 基本资料和研究方法

通过分析与大部分物品发生霉变关系密切的气温、相对湿度、水汽压等3个气象要素的分布概况,设计霉变函数计算公式和霉变指数查算表。应用逐步回归法建立每日14时气温、相对湿度、水汽压预报方程,进而推算该日的霉变指数。所用资料为1971~1999年镇江市5~9月逐日地面气象观测资料及1995~1998年中央气象台历史天气图资料。

2 物体霉变与气象条件的关系

物品之所以发生霉变,是因为物品(如食品、烟、纺织品等)上的微生物在一定的温湿条件下的繁殖生长过程。一般来说^[1],根据

微生物对物品的作用及对人类的影响,将其划分为4大类:①病原微生物,这是指那些让人类致病的微生物群;②腐败微生物,这是指那些使食品及其他易霉物品腐败变质的微生物群;③无效微生物,这类微生物的存在对人类既无害又无益;④有益微生物,这是指对人类有益的微生物群。通常引起物品霉变的霉菌又可细分为毛霉属、根霉属、曲霉属、红曲霉属4类。适宜霉菌生长的环境温度为①毛霉属,在常温下即能繁殖,几乎在土壤中、长霉的材料上、空气中和各种粪便中都能找到;②根霉属中的黑根霉最适宜的温度在30~35℃,37℃时不能生长,而米根霉和无根霉发育温度为30~35℃,最适宜温度为37℃,41℃时不能生长;③曲霉属具有分解有机质的能力,最适宜的温度为37℃,有研究表明,黄曲霉的某些菌系可产生黄曲霉素,特别在花生、玉米或花生饼粕上易于形成,能引起家禽、家畜严重中毒以致死亡,并能致癌;④红曲霉属生长温度范围为26~42℃,最适宜温度为32~35℃。由此可见,导致物品霉变的适宜环境温度一般在26~37℃之间,当温度达40℃以上时,大部分霉菌将不能生长。

物品发生霉变不仅与环境温度有关,而且与自身含水量及空气中水汽含量密切相关。据研究^[2],不同物品发生霉变对温湿条

件要求不一。如当粮库温度在 $20.0 \sim 35.0^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $\geq 80\%$ 时,粮食就易发生霉变。烟卷等商品,气温达 15.0°C 、相对湿度 $\geq 85\%$ 时就会发生霉变,当气温达 30.0°C 、相对湿度 $\geq 70\%$ 时也能发生霉变,即霉变的温湿搭配是可变的。而对大部分商品而言,当温度 $< 30.0^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $< 80\%$,就不易发生霉变。

3 镇江市 14 时气温、相对湿度、水汽压的气候特征

就平均而言,温湿的日变化特征是每天 14 时的气温接近日最高气温、相对湿度接近日最小相对湿度。假设所考虑的区域不发生水汽的辐合和辐散,则当气温下降时,相对

湿度将增大;而当气温升高时,相对湿度将下降。也就是说,可根据一天数次的观测记录中选定任一时次研究霉变指数。因此我们以 14 时温湿来分析霉变气象条件并研究霉变指数是可行的。

3.1 镇江市 14 时室内外温差及易发生霉变时段

物品一般均储存在室内,而室内温度与室外温度存在着差异。通过对镇江逐日 14 时室外气温、气压室附温差统计(见表 1),发现全年各月 14 时室外气温均大于室内温度,其中 5 月差值最大 2.9°C ,1 月差值最小 0.3°C ,全年平均差值为 1.6°C ,5~9 月差值平均为 2.0°C 。

表 1 镇江市 14 时气温、附温差逐月平均/ $^{\circ}\text{C}$

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年平均	5~9月平均
干球-附温	0.3	0.5	2.0	2.7	2.9	2.1	1.9	1.8	1.5	1.4	1.2	0.7	1.6	2.0

我们主要针对室内大部分商品的储存来研究霉变指数,依据大部分商品发生霉变的气象条件,其温度指标在 30.0°C 的基础上用 14 时室外气温加 2.0°C 进行统计。另外,不考虑水汽的收支并假设库房常取物品,库房与外界有足够的交换,其水汽条件与室外基本相同。统计 1971~1999 年日最高气温 $> 32.0^{\circ}\text{C}$ 和平均相对湿度 $> 80\%$ 日数可知,平均初日为 6 月 23 日,平均终日为 8 月 31 日;平均间隔天数均为 70 天,最长 123 天(1992 年),最短 12 天(1985 年);初日出现最早 5 月 6 日(1992 年),最迟 7 月 21 日(1983 年);终日出现最早 7 月 27 日(1991 年),最迟 9 月 17 日(1978 年)。由此可见,把日最

高气温 $> 32.0^{\circ}\text{C}$ 、日平均相对湿度 $> 80\%$ 出现的平均初、终日间隔时段可视为库存商品最易发生霉变时段。历年出现的初、终日变幅较大,选取 5~9 月来研究霉变指数并进行预测服务较为恰当。

3.2 5~9 月 14 时气温、相对湿度、水汽压分布特征

根据环境温湿状况对物品发生霉变的影响,将 14 时气温、相对湿度、水汽压按 5 级划分(见表 2),统计 1971~1999 年 5~9 月各级分布。1971~1999 年共计 29 年中,5~9 月 14 时气温 $> 32.0^{\circ}\text{C}$ 共计 770 天,占 17.4%,相对湿度 $> 85\%$ 总计 588 天,占 13.3%,水汽压 $> 31.0\text{hPa}$ 达 731 天,占

表 2 镇江市 1971~1999 年 5~9 月 14 时气温、相对湿度、水汽压分布

等级	气温/ $^{\circ}\text{C}$			相对湿度/%			水汽压/hPa		
	区间	日数(天)	比例(%)	区间	日数(天)	比例(%)	区间	日数(天)	比例(%)
1	≤ 23.0	714	16.1	≤ 50	864	19.5	≤ 17.0	837	18.9
2	23.1~26.0	917	20.7	51~60	966	21.8	17.1~22.0	898	20.2
3	26.1~29.0	1074	24.2	61~70	1103	24.9	22.1~27.5	1139	25.7
4	29.1~32.0	962	21.7	71~85	916	20.6	27.6~31.0	832	18.8
5	≥ 32.1	770	17.4	≥ 86	588	13.3	≥ 31.1	731	16.5

16.5%。从各级分布情况来看,气温、相对湿度、水汽压出现3级的频率均最高,2、4两级次之,1、5两级最低。就平均而言,镇江夏季(5~9月)有1/3的时间处在高温高湿期(4、5两级之和)。

4 镇江霉变函数及霉变指数分级

根据以上分析,霉菌不仅是耗氧菌,而且喜温喜湿。对大部分仓储物品而言,考虑储存成本,不可能将其存放在密封的无氧环境中,而解决物品因生霉腐烂变质所带来损失的有效途径就是改变其环境的温湿状况。因此,研究物品储存空间的霉变气象指数,并作出预报显得尤为重要。为了确定霉变指数,首先要设计一个霉变函数。霉变函数的计算形式如下:

$$MB = T(MB) + U(MB) + E(MB) \quad (1)$$

式(1)中 MB 为霉变函数因变量, $T(MB)$ 、 $U(MB)$ 、 $E(MB)$ 为霉变函数自变量,分别代表霉变温度、霉变相对湿度、霉变水汽压之分段函数值。霉变函数中各变量 $T(MB)$ 、 $U(MB)$ 、 $E(MB)$ 的具体计算如下:

$$T(MB) = \begin{cases} 6 & T_{14} \leq 23.0 \\ 9 & 23.1 \leq T_{14} \leq 26.0 \\ 12 & 26.1 \leq T_{14} \leq 29.0 \\ 15 & 29.1 \leq T_{14} \leq 32.0 \\ 18 & T_{14} \geq 32.1 \end{cases} \quad (2)$$

$$U(MB) = \begin{cases} 6 & U_{14} \leq 50 \\ 9 & 51 \leq U_{14} \leq 60 \\ 12 & 61 \leq U_{14} \leq 70 \\ 15 & 71 \leq U_{14} \leq 85 \\ 18 & U_{14} \geq 86 \end{cases} \quad (3)$$

$$E(MB) = \begin{cases} 4 & E_{14} \leq 17.0 \\ 6 & 17.1 \leq E_{14} \leq 22.0 \\ 9 & 22.1 \leq E_{14} \leq 27.5 \\ 10 & 27.6 \leq E_{14} \leq 31.0 \\ 12 & E_{14} \geq 31.1 \end{cases} \quad (4)$$

把每天14时观测到的气温、相对湿度、水汽压依据公式(2)~(4)进行计算,得到逐日霉变函数值。霉变函数的取值范围在16~48之间。

表3 霉变指数查算表

霉变函数值	霉变指数	霉变发生度	出现频率/%
≤ 23	1级	霉变指数较小,空气干燥或气温偏低,不易发生霉变。	14.9
24~29	2级	霉变指数偏小,空气较干燥或气温较低,难以发生霉变。	22.0
30~35	3级	霉变指数正常,食品类物品易生霉。	29.0
36~41	4级	霉变指数偏大,气温较高或空气较潮湿,较易发生霉变。	23.0
≥ 42	5级	霉变指数较大,环境处在高温高湿状况下,易发生霉变。	11.0

根据是否发生霉变及形成霉变的轻重,将霉变函数指数定为5级。表3给出了霉变指数查算与物品是否发生霉变的对应关系。一般当霉变指数达4级或以上,表明气温较高且空气较湿润,物品易生霉。通过统计1971~1999年5~9月霉变指数年均分布频率(表3),知镇江夏季(5~9月)有利于发生霉变的年均频率为34%,即夏季约有三分之一的时间,其温、湿及空气中水汽含量搭配易导致库房内大部分仓储物品霉变。从各月分布情况来看(见表4),7、8月两

月霉变指数达4级及以上的频率均在60%以上,而其它时段均在20%以下。由此可见,物品易发生霉变的时段主要集中在7、8两月,这与本市该时段高温、高湿的气候特征较为吻合。

表4 历年5~9月霉变指数频率分布

霉变指数	5月	6月	7月	8月	9月
1级	0.42	0.08	0.00	0.00	0.24
2级	0.36	0.34	0.04	0.07	0.31
3级	0.20	0.41	0.26	0.29	0.31
4级	0.02	0.14	0.42	0.44	0.13
5级	0.00	0.03	0.28	0.21	0.02

5 霉变指数预报方程的建立

霉变指数的计算是根据每天 14 时实测的气温、相对湿度、水汽压求取的,因此霉变指数的预测归结为每日 14 时气温、相对湿度、水汽压的预报。通过相关普查,用逐步回归方法,采用 1995~1998 年 5~9 月镇江地面逐日资料,建立霉变函数因子预报方程如下:

$$\begin{aligned} F(T_{14}) &= 10.2151 + 0.1856x_1 \\ &\quad + 0.4900x_2 - 0.0855x_3 \\ F(U_{14}) &= 25.1760 + 0.6715x_3 - 0.3041x_4 \\ &\quad + 0.4608x_5 + 0.3876x_6 \\ F(E_{14}) &= -1.5467 + 0.6686x_5 + 0.4072x_7 \end{aligned} \quad (5)$$

式(5)中 $F(T_{14})$ 、 $F(U_{14})$ 、 $F(E_{14})$ 分别代表每日 14 时气温、相对湿度、水汽压预报值, x_1 为前日 08 时水汽压, x_2 为前日 14 时气温, x_3 为前日 14 时总云量, x_4 为前日 08 时总云量, x_5 为前日 14 时水汽压, x_6 为前日 14 时相对湿度, x_7 为前日 08 时气温。式(5)中的复相关系数分别为 0.7403、0.566 和 0.859。求出 $F(T_{14})$ 、 $F(U_{14})$ 、 $F(E_{14})$ 后,

再由公式(2)~(4)和表3查出预报日的霉变函数值和霉变指数。从历史拟合情况看,逐日霉变函数预报值与实况之差的绝对值 ≤ 6 的拟合率为 88.89%。据此认为霉变指数预报与实况级差不超过一级为正确,1995~1998 年的历史拟合率达 94.44%,1999 年度试报准确率达 93.47%。由此可见,由式(5)求取 14 时气温、相对湿度、水汽压预报值进而建立霉变指数预测服务系统是可行的。

该系统于 2000 年 5 月 1 日起投入试运行,经逐步调试后,从 6 月 27 日起在“121”信箱正式对公众发布霉变指数预报。2000 年 5 月 1 日至 9 月 30 日共计 153 个预报日,指数预报正确 149 天,正确率为 97.4%,失误 4 天,错报率为 2.6%。由此可见,该系统运行平稳,效果较佳。

参考文献

- 1 邹晓葵等. 发酵食品加工技术. 北京: 金盾出版社, 2000: 5~19.
- 2 江苏省气象局. 江苏省专业气象服务技术文集 (1989-1992). 1993: 191~197.

Forecast of Mildewing Index at Zhenjiang City

Shen Xingjian Zhu Xiaoying Gu Yongshun Zhang Kui Tian Yongfei Zhang Xinlong
(Zhenjiang Meteorological Office, 212003)

Abstract

The meteorological conditions of mildewing, the climate characteristics of temperature, relative humidity and vapor pressure are analysed. Then, the calculating formula and mildewing index seek-table was designed. The forecast model of mildewing index was described and was used in decision-making service system. The forecast accuracy of the operational experiments in five months is 97.4%.

Key Words: mildewing index temperature relative humidity vapor pressure forecast model