

# 气候变化对内蒙古马铃薯晚疫病流行的影响

陈素华<sup>1</sup>, 潘进军<sup>2</sup>, 王志春<sup>2</sup>

(1. 内蒙古生态与农业气象中心, 内蒙古 呼和浩特 010051; 2. 内蒙古气象局, 内蒙古 呼和浩特 010051)

**摘要:** 分析内蒙古近几十年气候变化与马铃薯晚疫病流行相关资料, 发现, 随着全球气候变暖, 内蒙古地区6~7月份平均最高、最低气温不断升高, 已超过马铃薯晚疫病病原菌侵染发病的适宜温度范围。但是阴雨天的温度和空气相对湿度为马铃薯晚疫病真菌菌丝形成和孢子囊繁殖提供了最佳环境条件。依此建立的内蒙古地区马铃薯晚疫病发生程度的气象预测模型可很好预测其流行规律。

**关键词:** 气候变化; 内蒙古; 马铃薯; 晚疫病流行

**中图分类号:** S532 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)06-0048-04

马铃薯晚疫病是一种流行性极强、极具毁灭性的真菌病害, 全球马铃薯种植区均有发生。内蒙古自治区属于干旱半干旱地区, 在20世纪90年代以前, 气候特点是夏秋多雨、气候冷凉、昼夜温差大, 各种病害和病毒对马铃薯的危害都比较轻, 特别是马铃薯晚疫病很少发生, 是全国比较理想的优质马铃薯种薯生产基地, 也是自治区发展最快的粮菜兼用作物。但是随着近几年来气候变暖和马铃薯区域化和规模化发展, 马铃薯晚疫病普遍发生, 危害呈上升趋势, 已严重影响着自治区马铃薯产量、品质和商品率, 成为发展马铃薯产业的一大制约因素。

据内蒙古自治区植保站的调查资料分析, 在正常年份, 马铃薯因晚疫病的侵害, 可造成10%~30%的产量损失, 且每隔数年有一次大流行而造成更大的产量损失。染病的薯块在收获后易发生腐烂而难以保存, 春天播种的越冬病薯又是当年晚疫病病原的初始侵染源。

## 1 内蒙古地区马铃薯晚疫病传播途径和流行规律

根据林传光等人对我国马铃薯晚疫病发生规律的研究<sup>[1,2]</sup>, 马铃薯晚疫病病菌主要以菌丝体在块茎中越冬, 次年播种后, 带菌种薯是病害侵染的主要来源。病薯播种后, 多数病薯失去发芽能力或出土前腐烂, 少数病薯的越冬菌丝随幼芽生长, 侵入茎叶, 并在病部产生孢子囊。孢子囊借气流传播进行再侵染, 形成发病中心。病菌孢子囊还可随雨水或浇水渗入土中侵染薯块, 产生病薯, 作为下一季的主要侵染源。日暖夜凉, 空气潮湿有利发病; 气温

18~22℃, 相对湿度95%以上, 利于孢子囊形成; 冷凉高湿或叶面积水有利于游动孢子形成; 气温24~25℃, 植株表面结水, 有利于孢子囊直接产生芽管形成侵染。

马铃薯不同生育期对晚疫病的抗病力亦不一致。一般幼苗期抗病力强, 加上内蒙古地区春季干旱少雨, 气温波动大, 气候条件非常不利于马铃薯晚疫病病菌的繁殖。6月份马铃薯陆续进入现蕾开花期, 抗病力逐渐减弱。而此时温度变化相对平稳并逐渐升高, 比较适宜马铃薯晚疫病病菌产生孢子囊和游动孢子。7月份正值马铃薯开花和块茎膨大期, 温度已升至全年最高值, 高温有利于晚疫病病菌的繁殖, 此时如果出现多雨天气, 空气相对湿度连续3日高于75%, 3~5日后即出现中心病株, 相对湿度连续3旬高于70%, 晚疫病将迅速蔓延和流行。受到侵染的马铃薯, 轻者茎部或叶柄出现病斑而发育减缓, 重者叶片萎垂、卷缩, 全株黑腐死亡。块茎染病后产生大块病斑, 慢慢向四周扩大或烂掉。

本区晚疫病, 在20世纪90年代以前大部分年份发生在7月下旬~8月上旬, 90年代中期以来, 随着气候变暖, 发生期明显提前。据乌兰察布市植保站调查, 2000年由于温度异常偏高, 在7月12日即发现中心病株, 并在全市迅速蔓延。到马铃薯现蕾期, 平均发病率达17.95%; 收获期调查, 平均发病率达18.78%。马铃薯晚疫病危害的区域包括自治区中部至呼伦贝尔市南部, 差不多整个内蒙古农业种植区, 其中尤以中部地区危害最重。一般年份, 水浇地比旱地严重, 粘性土比沙壤土严重。在夏季多雨年份, 旱地甚至比水浇地流行速度更快。

收稿日期: 2006-04-27

基金项目: 内蒙古气象局科研项目(200403); 国家社会公益研究专项资金资助项目(2003DIB4J146)

作者简介: 陈素华(1964—), 女, 内蒙古赤峰市人, 高级工程师, 主要从事农牧业气象应用和研究。E-mail: nmgxrk@sohu.com.

## 2 气候变化对内蒙古马铃薯晚疫病流行的影响

马铃薯晚疫病是一种典型的流行病害,发病和流行与气候条件有着极其密切的关系。在内蒙古地区,从 20 世纪 90 年代开始,每年都有发生,但是由于年际间气候条件差异较大,病害达到高峰的日期及程度差异也较大。气候条件尤其是温度和降水变化是马铃薯晚疫病能否流行的决定因素。

### 2.1 温度变化对马铃薯晚疫病流行的影响

随着全球气候变暖,内蒙古地区在马铃薯晚疫病病菌形成到流行的 6~7 月份,气温持续走高(见表 1)。可以看出,80 年代以来,内蒙古地区出现持续性的增暖,特别是在 90 年代以后,气温更有加速上升之势(见图 1 和图 2。图 1、图 2 仅以海拉尔和集宁为代表,其他站点图略)。增温的特点一个是北部高纬度地区增温幅度大于南部低纬度地区,一般

北部比南部偏大 0.9℃ 以上,而东西部之间的增温幅度差别不大;另一个特点是最高气温升幅不大,最低气温升高幅度非常显著。

90 年代以来,全区各地最高气温较 50 年代到 80 年代平均升高幅度仅仅为 0.4℃~0.8℃,从近十年平均情况看,北部温凉地区(主要分布在呼伦贝尔市和阴山以北地区,是马铃薯种薯的重要繁殖基地)6~7 月份平均最高气温基本在 24℃~25℃,南部温暖地区(除呼伦贝尔市和阴山以北地区以外的所有农业种植区)基本在 26℃~29℃。同样,90 年代以后最低气温也持续走高,但升高幅度却非常显著,尤其是北部马铃薯种薯的繁殖基地。此区在 50~80 年代平均最低气温仅为 11.3℃~11.6℃,在 80 年代为 12.1℃~12.5℃,90 年代为 13℃ 左右,2001~2004 已达到 13℃~14℃。其他地区在 90 年代以后平均最低气温也较前期升高了 1℃ 左右,为 15℃~18℃。

表 1 内蒙古马铃薯主要种植盟(市)署驻地 6~7 月份温度变化情况(℃)

Table 1 The temperature changes from June to July about the potatos planting areas in Inner Mongolia

| 地区<br>Area | 平均最低 Average Max |           |           |           | 平均最高 Average Min |           |           |           |
|------------|------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|-----------|-----------|-----------|
|            | 1951~1980        | 1981~1990 | 1991~2000 | 2001~2004 | 1951~1980        | 1981~1990 | 1991~2000 | 2001~2004 |
| 东胜         | 13.8             | 14.4      | 15.3      | 15.7      | 25.7             | 25.6      | 26.4      | 26.3      |
| 包头         | 14.7             | 15.5      | 16.3      | 17.0      | 28.8             | 28.6      | 29.3      | 29.2      |
| 呼市         | 13.8             | 15.1      | 15.7      | 16.3      | 27.5             | 27.8      | 28.3      | 28.3      |
| 集宁         | 11.3             | 12.1      | 12.9      | 13.0      | 24.2             | 24.5      | 25.1      | 25.4      |
| 红山区        | 16.4             | 17.0      | 16.9      | 16.7      | 28.3             | 28.6      | 28.4      | 28.7      |
| 科尔沁        | 17.1             | 17.2      | 17.7      | 17.8      | 28.4             | 28.0      | 28.6      | 29.4      |
| 乌兰浩特       | 15.3             | 16.0      | 16.8      | 17.5      | 27.3             | 26.9      | 27.7      | 29.1      |
| 海拉尔        | 11.6             | 12.5      | 13.0      | 14.0      | 24.8             | 24.2      | 25.1      | 27.1      |

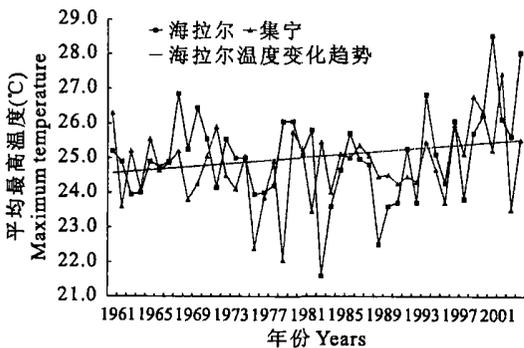


图 1 6~7 月份平均最高气温变化

Fig. 1 Average maximum temperature change figure from June to July

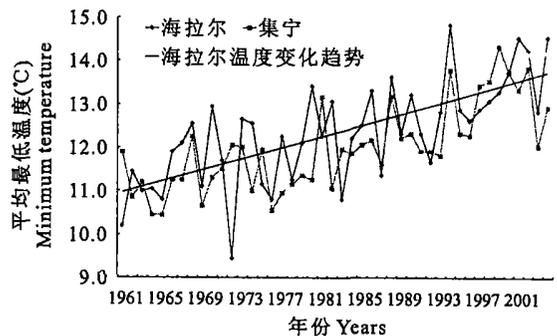


图 2 6~7 月份平均最低气温变化

Fig. 2 Average minimum temperature change figure from June to July

从温度变化范围看,似乎最高和最低气温均高于马铃薯晚疫病菌丝在植物组织内生长的最佳温度,但是因为马铃薯晚疫病能够流行的前提条件是空气相对湿度必须在 75% 以上,在内蒙古这样的干

旱地区只有降雨时才能达到此湿度范围,而在一般情况下,内蒙古地区降雨时平均最高气温较晴朗天气偏低 5℃~10℃,即此阶段阴雨天最高气温基本在 21℃~22℃ 左右,此温度正是马铃薯晚疫病真菌

菌丝形成和孢子囊繁殖的最佳温度条件。而降雨过后往往又伴随着弱冷空气的到来,这必然导致最低气温的下降,据不完全统计,在 6~7 月份降雨过后平均最低气温基本在 12℃~16℃ 左右。可见,气候变暖,6~7 月份出现降雨天气,其最高温度非常适宜马铃薯晚疫病病菌的生长和流行,最低气温也基本在适宜温度范围内。

可以说,在 90 年代到目前的温度变化中,最高温度已达到马铃薯晚疫病流行的最佳条件,最低气温也基本适宜。再加上冬季温度增幅更大<sup>[3]</sup>,田间病菌安全越冬率加大,在马铃薯生长发育期间一旦遇到连续的阴雨天气,晚疫病便迅速蔓延和流行。这正是进入 90 年代后,晚疫病在我区马铃薯主产区普遍发生,危害呈上升趋势的重要原因。

## 2.2 降水变化对马铃薯晚疫病流行的影响

受季风影响,内蒙古地区降水主要集中在夏季,而且降雨量年际间差异很大,时间上分布也极不均匀。随着气温升高,夏季 6~7 月份降水也发生了明显的变化(见表 2)。1961~1990 年 30 年 6~7 月份平均降水量,中西部地区为 100~150 mm,东部除

兴安盟的个别地区(包括乌兰浩特)超过 200 mm 外,其余地区为 150~200 mm。进入 90 年代,气温出现加速上升之时,夏季雨量也随之增多。从表 2 中可以计算出,1991~2000 年 6~7 月份平均降水量较 1961~1990 年,科尔沁及以西大部地区增加了 20 mm 左右,红山区甚至增加了 53.4 mm,乌兰浩特增加了 5 mm,仅仅海拉尔不增反而减少了 9.1 mm。2001~2004 年降水波动更加剧烈,从平均情况看,中西部地区接近常年,东北部地区明显减少。从年际间降水的分布看,2001 年出现全区性少雨年,马铃薯主要种植盟(市)署驻地,6~7 月份雨量东胜最少,仅为 55.5 mm,较 1961~1990 年偏少 61%,较 90 年代偏少 65%;雨量最多的是红山区,为 153.6 mm,较常年略少。2002 年转为全区性多雨年,致使 2002~2004 年连续三年中西部大部地区雨量达到 150 mm 左右,这正是马铃薯生长发育所需的最适宜降水量,植株生长茂密,又处于开花期前后,最易感染晚疫病。所以说,6~7 月份降水量的增多,是马铃薯晚疫病流行的又一重要因素。

表 2 马铃薯主要种植盟(市)署驻地 6~7 月份雨量变化情况 (mm)

Table 2 The rainfalls changes from June to July about the potatoes planting areas in Inner Mongolia

| 地区 Area | 1961~1990 | 1991~2000 | 2001~2004 | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  |
|---------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| 东胜      | 139.6     | 155.3     | 133.3     | 55.5  | 196.5 | 115.7 | 165.4 |
| 包头      | 100.3     | 121.3     | 107.3     | 74.1  | 102.4 | 128.1 | 124.5 |
| 呼市      | 139.8     | 181.5     | 159.7     | 53.9  | 241.8 | 182.6 | 160.5 |
| 集宁      | 145.7     | 172.7     | 155.4     | 97.5  | 177.1 | 149.9 | 197.1 |
| 红山区     | 158.4     | 211.8     | 168.4     | 153.6 | 208.5 | 168.6 | 143.0 |
| 科尔沁     | 178.7     | 217.2     | 120.6     | 110.4 | 120.0 | 112.3 | 139.7 |
| 乌兰浩特    | 227.1     | 232.1     | 156.5     | 133.1 | 187.5 | 250.1 | 55.2  |
| 海拉尔     | 163.5     | 154.4     | 125.0     | 126.9 | 204.1 | 110.9 | 57.9  |

## 3 内蒙古马铃薯晚疫病发生和流行预测模型的建立

由上面的分析可以看到,内蒙古自治区 6~7 月份温度和降水的变化对马铃薯晚疫病的流行起着决定性的作用。对此,我们以集宁气象观测站为例,在马铃薯晚疫病流行程度与 6~7 月份逐旬最高气温、最低气温和降水距平百分率、最长连续降水日数之间进行统计,选取相关性、独立性和稳定性较好的气象要素作为预报因子,建立气象预报模型。在建立模型中,按内蒙古自治区技术监督局发布的《农作物病虫害发生程度分级方法》将马铃薯晚疫病发生程度分为 5 级,如表 3。

表 3 马铃薯晚疫病发生程度分级标准

Table 3 Classification standard of occurring extent about lating potato epidemic disease

| 项目 Item             | I 级 | II 级  | III 级    | IV 级      | V 级  |
|---------------------|-----|-------|----------|-----------|------|
| 发病率 disease ratio   | <1% | 1%~5% | 5.1%~10% | 10.1%~20% | >20% |
| 程度 extent           | 轻   | 中度偏轻  | 中度       | 中度偏重      | 重    |
| 预报对象 Y 值<br>Y value | 1   | 2     | 3        | 4         | 5    |

即预报对象  $Y=1$  时,为轻度发生;  $Y=2$  时为中度偏轻发生;  $Y=3$  时为中度发生;  $Y=4$  时为中度偏重发生;  $Y=5$  时为重度发生。

模型为:  $Y=2.576-0.6667X_1+0.00393X_2-$

$$0.05362 X_3 + 0.03878 X_4 + 0.06484 X_5$$

式中:  $X_1$  为 6 月份平均最高气温距平;  $X_2$  为 6 月份降水距平百分率;  $X_3$  为 7 月份平均最高气温距平;  $X_4$  为 7 月份降水距平百分率;  $X_5$  为 7 月份最长连

续降水日数。此模型已通过 0.01 显著性检验, 相关系数  $R=0.8762$ 。

利用此模型对 2004 年和 2005 年乌兰察布市马铃薯晚疫病流行程度进行预报, 结果见表 4。

表 4 马铃薯晚疫病发生程度预报模式效果检验结果

Table 4 Effect of forecast mode about occurring extent about lating potato epidemic disease

| 年度<br>Year | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $X_5$ | 模式计算值<br>Value of mode | 预测结果<br>forecast extent | 实际结果<br>practical extent |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 2004       | 23.3  | 46    | 25.1  | -15   | 5     | 2.98≈3                 | 中度发生                    | 中度发生                     |
| 2005       | 26.5  | -13   | 26.9  | -34   | 2     | -0.41≈0                | 轻发生                     | 轻发生                      |

从表 4 中可以看出, 利用上述气象模型对 2004 年和 2005 年乌兰察布市马铃薯晚疫病流行程度进行预测, 预测结果和实际结果完全吻合。

利用同样的方法对呼伦贝尔市、包头市马铃薯晚疫病发生程度进行预测, 其预报结果均比较理想。说明内蒙古地区马铃薯晚疫病发生程度的气象预测模型有较好的应用前景。

## 4 结 论

1) 由于气候变暖, 内蒙古地区上世纪 90 年代至目前, 6~7 月份最高气温和最低气温的升高给马

铃薯晚疫病的流行提供了非常有利的环境条件, 而降水的增加又加大了马铃薯晚疫病的流行程度。

2) 利用 6~7 月份的最高、最低气温和降水条件对马铃薯晚疫病发生程度进行预测, 其效果较好。

### 参 考 文 献:

- [1] 林传光, 黄河, 王高才, 等. 马铃薯晚疫病的田间动态观察及防治试验[J]. 植物病理学报, 1995, 1(1): 31-44.
- [2] 林传光, 黄河, 王道本, 等. 马铃薯晚疫病中心病株形成的观察[J]. 植物病理学报, 1997, 3(1): 19-29.
- [3] 尤 莉, 沈建国, 裴 浩. 内蒙古近 50 年气候变化及未来 10~20 年趋势展望[J]. 内蒙古气象, 2002, (4): 16-20.

## The effects of changing climate on prevalent lating potato epidemic disease in Inner Mongolia

CHEN Su-hua<sup>1</sup>, PAN Jin-jun<sup>2</sup>, WANG Zhi-chun<sup>2</sup>

(1. Inner Mongolia Ecology and Agriculture Meteorological Center, Huhhot, Inner Mongolia 010051, China;

2. Inner Mongolia meteorological service, Huhhot, Inner Mongolia 010051, China)

**Abstract:** The effects of changing climate on prevalent lating potato epidemic disease of inner mongolia was analyzed. Findings are as follows: as the seven seas warmed up, the average highest and lowest air temperature of June and July were increased continually in inner mongolia. And this temperature exceed the range of fitting temperature of lating potato epidemic disease pathogeny bacterium intrusion. But propagate of this pathogeny bacterium must live in the air of more relative humidity (only in overcast and rainy days it may arrive to this humidity), however, the overcast and rainy environment of inner mongolia provided the conditions of this pathogeny bacterium mycelium come into being and sporangium propagation. According to the results, meteorological prognostic models of lating potato epidemic disease evolvement in inner mongolia were established, and the forecast was perfect.

**Keywords:** climate change; Inner Mongolia; potato epidemic