

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2009)03-0160-04

# 内蒙古东北部马铃薯产量与气候条件的关联分析

王彦平<sup>1</sup>, 王晓光<sup>1</sup>, 乌尼尔<sup>1</sup>, 周铁桩<sup>1</sup>, 刘建成<sup>1</sup>, 何青云<sup>2</sup>

(1. 呼伦贝尔市气象局, 内蒙古 海拉尔 021008; 2. 呼伦贝尔市大雁矿业集团公司, 内蒙古 大雁 021122)

**摘 要:** 利用灰色系统理论对内蒙古东北部地区 1975~2005 年马铃薯产量资料和气象资料进行统计分析。结果表明, 该地区马铃薯产量与生育期各气象要素的灰色关联度大小顺序为: 5~8 月降水量>5~6 月 10 cm 平均地温>5~8 月平均气温>7~8 月气温日较差>5~8 月水热综合配合(降水量与气温比值)>5~8 月日照时数, 所对应的关联序为 0.7191>0.7190>0.7180>0.7025>0.6603>0.6597; 并采用主成分分析与多元回归相结合的方法, 建立了马铃薯产量的预测模型, 经检验模型精度较高, 可提前一个月对该地区马铃薯产量进行预报。

**关键词:** 内蒙古东北部; 马铃薯产量; 气候条件

内蒙古东北部地区属于中温带大陆性半湿润气候区, 气候凉爽, 日照充足, 昼夜温差大, 适于马铃薯生育。栽培马铃薯基本上是一年一熟, 为春播秋收的夏作类型, 一般在 4 月下旬播种, 9 月中下旬收获, 多为垄作栽培方式; 适宜的品种以中熟和晚熟品种为主。本研究对这一区域诸多气候因子与马铃薯产量的关系进行了系统分析, 可为这一地区制定适宜的马铃薯种植栽培措施提供科学依据。

马铃薯的生长发育和产量高低与栽培地区的气候条件密切相关。马铃薯性喜冷凉, 不耐高温, 生育期间以日平均气温 17~21℃为宜, 抗低温能力较差, -4℃时植株死亡, 块茎亦受冻害; 马铃薯的光饱和点为 3 000~4 000 lx, 每天日照 12 h 以下时, 块茎形成早, 同化产物向块茎运转快, 块茎产量高; 马铃薯的蒸腾系数在 400~600 之间, 年降雨量在 300~500 mm, 且能均匀分布在生长季, 即可满足马铃薯对水分的需求; 马铃薯在块茎增长及淀粉积累期要求较大的昼夜温差, 有利于块茎形成增长和同化产物向块茎中运转, 促进块茎高产<sup>[1]</sup>。

## 1 材料与方法

以往的研究大多限于单个因子对马铃薯产量的影响, 而马铃薯的生长发育受许多气象因素的共同

作用, 最终影响产量的高低, 因此只研究个别因子对产量的影响, 其结果不够充分。本文选取扎兰屯市 1975~2005 年(1998 年除外)30 年的马铃薯产量资料(来源于呼伦贝尔市统计局)和马铃薯生育期气象观测资料(来源于呼伦贝尔市气象局)作为数据来源, 研究结果基本能代表内蒙古东北部地区气候条件对马铃薯产量的影响情况, 并引进灰色系统理论对影响马铃薯产量的气候因子进行了关联度分析, 并在此基础上运用主成分分析与多元回归相结合的方法建立了马铃薯产量的预测模型, 可为这一地区制定合理的产量预报和适宜的马铃薯种植栽培措施提供科学依据。

## 2 结果与分析

### 2.1 马铃薯气象产量的确定

采用公式<sup>[2]</sup>:  $Y_c = Y - Y_t$  (1)

式中  $Y_c$  表示作物气象产量,  $Y$  表示作物实际产量,  $Y_t$  表示作物趋势产量。 $Y_t$  的计算采用逐步回归和正交多项式结合的方法, 选取扎兰屯 1975~2005 年, 根据逐步回归结果, 自变量选用  $\Phi_3$  和  $\Phi_5$ , 建立最优方程为

$Y_t = 2871.6417 + 0.1713\Phi_3 + 0.0132\Phi_5$  (2)

由(1)、(2)式进一步得出各年马铃薯的气象产量。

### 2.2 影响马铃薯产量的气候因子灰色关联分析

马铃薯产量的形成受许多气候因子的控制, 陈

收稿日期: 2009-03-09

作者简介: 王彦平(1977-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事农牧林业气候分析及产量预报工作。

义明<sup>[3]</sup>对青海省互助县地区马铃薯产量与气候条件的灰色关联度进行了分析, 总结出该地区对马铃薯产量影响最大的是降水量, 其次是地中 5 cm 平均温度和生长期间的平均气温。本文根据内蒙古东北部地区的气候条件、马铃薯的生长特性及以往的研究结果选取了 6 个气候因子, 即: 生育期 5~8 月降

水量、生育期 5~8 月日照时数、5~6 月 10 cm 平均地温、7~8 月气温日较差、5~8 月平均气温、5~8 月水热综合配合(降水量与气温比值), 运用灰色关联度原理<sup>[4-5]</sup>, 研究对马铃薯产量的影响, 本文把产量序列作为母序列, 得出马铃薯产量与各气象因子的关联系数(表 1)。

表 1 马铃薯产量与各气象因子的关联分析

项目	平均气温 (5~8 月)	降水量 (5~8 月)	10 cm 平均地温 (5~6 月)	气温日较差 (7~8 月)	日照时数 (5~8 月)	水热综合配合 (5~8 月)
关联系数	0.7191	0.7190	0.7025	0.6597	0.6603	0.7180
关联序	1	2	4	6	5	3

马铃薯产量与各气象因子的关联分析结果表明, 对马铃薯产量影响最大的是 5~8 月降水量, 其次为 5~6 月 10 cm 平均地温、5~8 月平均气温、7~8 月气温日较差、5~8 月水热综合配合(降水量与气温比值)和 5~8 月日照时数。马铃薯各生育时期对环境条件的要求不同, 根据表 1 中的结果, 并结合马铃薯生育期的划分, 做如下分析:

在所选取的 6 个因子中, 降水量和温度(包括地温、平均气温, 气温日较差)对产量的影响要大于日照时数的影响, 这与以往的研究相同。马铃薯各个生育时期对水分都有不同的要求, 在东北一作区降水量年际间变化很大, 且在作物生长期分布不均, 而且, 各个生长时期遭到土壤供水不均并伴随着温度骤然变化, 都会引起块茎畸形生长, 从而影响产量和品质。因此该地区 5~8 月降水量是制约马铃薯产量高低的一个重要因素; 在东北一作区 5~6 月经常出现 5~7℃的低温天气, 因 5~6 月 10 cm 的土壤耕层温度对幼芽的生长尤为重要, 也是形成高产的基础; 5~8 月温度和日照时数对马铃薯各个生育时期的影响主要表现在: 幼苗期短日照、强光和适当高温利于促进根系生长发育、壮苗和提早结薯, 块茎形成期长日照、强光和适当高温, 有利于建立强大的同化系统, 块茎增长期及淀粉积累期(7~8 月)短日照、强光、适当低温和较大的昼夜温差, 有利于块茎形成增长和同化产物向块茎中运转, 促进块茎高产<sup>[1]</sup>; 马铃薯各生育时期对水热匹配要求较高, 水分亏缺或温度过高都会对结薯和薯块增长产生不利影响, 水热同步, 匹配理想才能获

得高产, 因此 5~8 月的水热综合配合也是影响马铃薯产量的一个重要因素。

### 2.3 气象因子对马铃薯产量影响的主成分分析及预报模式的建立

本文采用主成分分析和多元回归相结合的方法建立马铃薯产量的预报模型。主成分分析是把多个指标化为少数几个综合指标的一种统计分析方法。在多指标(变量)的研究中, 往往由于变量个数太多, 且彼此之间存在着一定的相关性, 因而使得所观测的数据在一定程度上有信息的重叠, 当变量较多时, 在高维空间中研究样本的分布规律就更麻烦, 主成分分析采取一种降维的方法, 找出几个综合因子来代表原来众多的变量, 使这些综合因子尽可能地反映原来变量的信息量, 而且彼此之间互不相关, 从而达到简化的目的<sup>[6]</sup>。

#### 2.3.1 主要气象因子的主成分分析

本文对内蒙古东北部地区影响马铃薯产量的主要气象因子的主成分分析见表 2, 3。

表 2 样本相关阵的特征根、贡献率及累计贡献率

序号	特征根	贡献率(%)	累计贡献率(%)
1	3.82632	63.77199	63.77199
2	1.23941	20.65687	84.42886
3	0.67546	11.25720	95.68606
4	0.13907	2.31790	98.00396
5	0.11884	1.98072	99.98468
6	0.00092	0.01532	10.00000

表 3 样本相关阵的特征向量

特征向量指标(变量)	q1	q2	q3	q4	q5	q6
5~8 月平均气温	0.38098	0.55374	-0.03064	0.02724	0.73291	0.09685
5~8 月降水量	0.45972	0.26007	0.50078	0.08535	0.14000	-0.67861
5~8 月日照时数	0.41912	-0.16389	0.58523	-0.67302	-0.04496	0.00298
7~8 月气温日较差	0.40286	-0.38929	0.42278	0.70831	0.07530	0.00582
5~6 月 10cm 地温	0.33372	0.64258	0.09427	0.17733	-0.65968	-0.01467
5~8 月水热综合配合	0.44066	0.18552	0.46706	0.07661	0.01909	0.723791

由表 2 可见, 前 3 个主成分的累积贡献率已达到 95.69%, 因此只要求出前 3 个主成分即可。由表 3 可知, 前 3 个主成分的表达式分别为:

$$Z_1 = 0.38098X_1' + 0.45972X_2' + 0.41912X_3' + 0.40286X_4' + 0.33372X_5' + 0.44066X_6' \quad (3)$$

$$Z_2 = 0.55374X_1' + 0.26007X_2' - 0.16389X_3' - 0.38929X_4' + 0.64258X_5' + 0.18552X_6' \quad (4)$$

$$Z_3 = -0.03064X_1' + 0.50078X_2' + 0.58523X_3' + 0.42278X_4' + 0.09427X_5' + 0.46706X_6' \quad (5)$$

式中  $X_1'$ 、 $X_2'$ 、 $X_3'$ 、 $X_4'$ 、 $X_5'$ 、 $X_6'$  分别为各气象因子  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$  的标准化变量。

从第一主成分  $Z_1$  看, 5~8 月降水量  $X_2'$  的系数最大, 其次 5~8 月水热综合配合值  $X_6'$  系数比较大, 因此, 当样本的 6 个指标值代入第一主成分表达式所得第一主成分值较大时, 必有生育期 5~8 月降水量较多, 同时 5~8 月水热综合配合值要大, 因此认为第一主成分主要为降水量因子对产量的影响; 第二主成分  $Z_2$  中 5~6 月 10 cm 地温  $X_5'$  的系数最大, 其次为 5~8 月平均气温  $X_1'$ , 这说明第二主成分主要反映温度因子对产量的影响; 第三主成分  $Z_3$  中除

5~8 月日照时数  $X_3'$  系数较大外, 5~8 月降水量  $X_2'$  和 5~8 月水热综合配合值  $X_6'$  的系数也较大, 说明第三主成分主要反映日照和降水因子对产量的影响。

### 2.3.2 马铃薯产量预报模式的建立

将 1975~2005 年各气象因子标准化数值代入公式(3)、(4)和(5)得出相应的  $Z_1$ 、 $Z_2$  和  $Z_3$  值并与相应的气象产量, 运用多元回归方法建立马铃薯产量的预报模式:

$$Y_w = 139.2165 + 212.4450Z_1 + 153.7465Z_2 + 121.4084Z_3 \quad (6)$$

$Y_w$  为马铃薯产量的预报值, 相关系数  $R = 0.59834$ ,  $P = 0.0089$ , 通过了  $\alpha = 0.01$  的显著水平, 说明其拟和率较高, 说明利用上述气象因子能综合反映内蒙古东北部地区马铃薯产量的情况, 并具有一定的准确性。

### 2.3.3 产量预报模型的效果检验

根据预报方程(6)对扎兰屯市 1975~1995 年(1998 年除外)的马铃薯产量进行预报检验, 回代结果如图 1 和表 4。

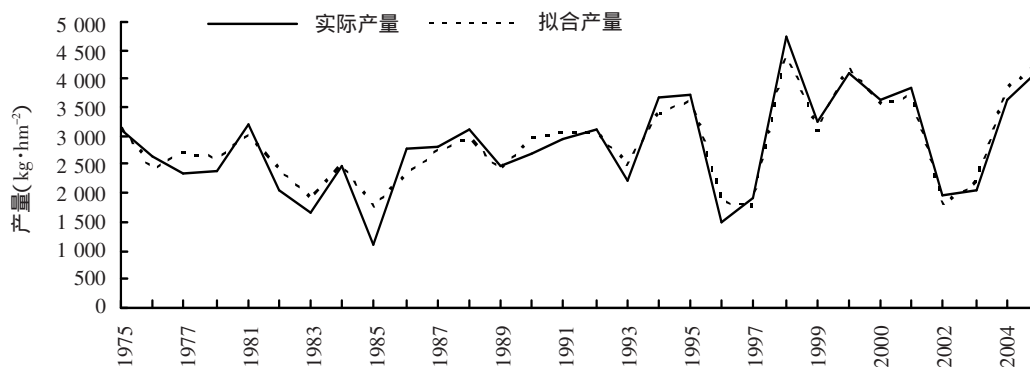


图 1 马铃薯实际产量值与拟和产量值的比较

表4 产量预报模型的效果检验

年份	实际产量(kg·hm <sup>-2</sup> )	拟和产量(kg·hm <sup>-2</sup> )	相对误差(%)	年份	实际产量(kg·hm <sup>-2</sup> )	拟和产量(kg·hm <sup>-2</sup> )	相对误差(%)
1975	3 135	3 166	-1.0	1990	3 105	3 047	1.9
1976	2 655	2 380	10.4	1991	2 205	2 485	-12.7
1977	2 370	2 692	-13.6	1992	3 675	3 374	8.2
1978	2 385	2 597	-8.9	1993	3 705	3 608	2.6
1979	3 225	3 008	6.7	1994	1 515	1 820	-20.1
1980	2 055	2 414	-17.5	1995	1 905	1 755	7.9
1981	1 650	1 863	-12.9	1996	4 740	4 402	7.1
1982	2 460	2 490	-1.2	1997	3 240	3 079	5.0
1983	1 125	1 745	-55.1	1999	4 110	4 200	-2.2
1984	2 790	2 304	17.4	2000	3 630	3 559	2.0
1985	2 835	2 750	2.9	2001	3 855	3 688	4.3
1986	3 135	2 951	5.9	2002	1 980	1 997	9.2
1987	2 460	2 382	3.2	2003	2 055	2 199	-7.0
1988	2 685	2 956	-10.1	2004	3 615	3 785	-4.7
1989	2 970	3 024	-1.8	2005	4 140	4 220	-1.9

由表4可见, 预报值和实际值相对误差小于±15%的年份占87%, 相对误差小于±10%的年份占70%, 说明该方程的回归效果较好。利用此方程作2006年和2007年的马铃薯产量预报, 相对误差均小于±10%, 说明该模型精度较高, 可提前一个月作出马铃薯当年的产量预报。

### 3 讨 论

内蒙古东北部地区具有马铃薯生长发育的得天独厚的气候条件, 是全国著名的马铃薯种薯繁育基地和商品薯种植基地, 但长期以来对该地区各气候因子对马铃薯产量影响的主次关系方面, 说法不一。本文引进农业生态系统灰色理论的研究方法, 对影响马铃薯产量高低的6个气候因子进行关联度分析, 在光温水三要素中, 降水的作用最大, 其次为温度和日照, 具体关联序为: 5~8月降水量>5~6月10cm平均地温>5~8月平均气温>7~8月气温日较差>5~8月水热综合配合(降水量与气温比值)>5~8月日照时数;

通过影响马铃薯产量的各气象因子的主成分分析, 将6个气象因子简化为了3个能综合反映对产

量的影响的因子, 并结合逐步回归的统计方法建立了马铃薯产量的预报模型, 经检验70%年份相对误差小于±10%, 模型精度较高。

本文所用产量资料来源于大面积种植条件下的统计资料, 在反映客观实际方面有所欠缺, 在分析对产量的影响因素方面未考虑施肥量、灌溉量等社会生产水平的影响, 所得产量与气象因子回归预测模型可能造成失误, 不能真实反映各气象因子与产量的关系。

### [参 考 文 献]

- [1] 门福义, 刘梦云. 马铃薯栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [2] 王希平, 赵慧颖. 呼伦贝尔市林牧农业气候资源与区划[M]. 北京: 气象出版社, 2006.
- [3] 陈义明. 马铃薯产量与气候条件的灰色动态预测模型[J]. 青海气象, 2005(3): 31-33.
- [4] 邓聚龙. 农业系统灰色理论与方法[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1988.
- [5] 袁嘉祖. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 1991.
- [6] 唐守正. 多元统计分析方法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1986.