

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635 (2012) 02-0084-05

临夏州马铃薯各生育期产量动态气候预测模型

黄成秀*, 尹宪志, 孙玉莲, 杨文凯, 张淑芳

(甘肃省临夏回族自治州气象局, 甘肃 临夏 731100)

摘要: 利用 1990~2009 年 20 年气象资料, 分析了临夏州马铃薯不同生长阶段所需气候条件, 以及气候条件对马铃薯产量及其构成因素的影响。通过各生育期相关因子诊断和数据模拟, 利用多元回归方程建立了马铃薯各生育期产量动态气候预测模型, 实现马铃薯各生育期气象条件与单产的气候预测。

关键词: 马铃薯; 生态; 气候预测

Yield Prediction Model on Dynamic Climate for Each Period of Potato Growth in Linxia

HUANG Chengxiu*, YIN Xianzhi, SUN Yulian, YANG Wenkai, ZHANG Shufang

(Meteorological Administration of Linxia, Linxia, Gansu 731100, China)

Abstract: Using the 20-year meteorological data from 1990 to 2009, we analyzed the climatic conditions required for different potato growth periods in Linxia, the influence on potato yield and its component from climatic conditions. By diagnosing the interrelated factors of each growth period and data simulation, we used polynary linear regressive equations to build the yield prediction model on dynamic climate for each potato growth period, achieving the prediction of the climatic conditions for each potato growth period and the potato yield.

Key Words: potato; ecology; climate prediction

临夏回族自治州位于青藏高原东北侧边坡区, 日照充足、气候冷凉, 是马铃薯的主产区。全州年均播种面积约为 4.7 万 hm^2 , 占作物总面积的 35%~40%。提供马铃薯生育期气候产量预测, 指导当地农业生产。关于农作物产量预测的研究和各种预测方法的应用, 有许多经验和方法^[1-7]。本文通过临夏州 20 年气象资料与马铃薯各生育期对应, 进行相关分析和数据模拟, 建立了马铃薯各生育期动态气候与产量的预测模型。

1 材料与方法

1.1 数据来源

1990~2009 年马铃薯产量和种植面积资料来源于临夏州统计局和农业局。气象历史资料采集于当

地各县(市)气象局整编资料。

1.2 数据处理说明

采用多元回归方法, 选择马铃薯生长关键时段的气温、降水及日照因子与相应年份的气候产量进行相关分析, 建立气候产量预测模型, 资料计算年代为 1990~2009 年。

2 结果与分析

2.1 马铃薯全生育期气候指标和生态气候

2.1.1 马铃薯全生育期气候指标

马铃薯从播种到收获的整个生长期内, 对气候和环境条件有独特的需求, 主要包括温度、水分、光照、土壤和营养等方面, 以满足其生长发育的需求^[8]。

收稿日期: 2011-05-19

作者简介: 黄成秀 (1964), 女, 工程师, 主要从事农业气象观测及农业气象研究。

* 通信作者 (Corresponding author): 黄成秀, E-mail: huangcx3607025@163.com。

2.1.2 马铃薯生态气候

1990~2009 年在临夏市西川进行了以早、中熟性为主的马铃薯生育期实际观测, 适宜种植品种为小白花、渭薯 1 号、陇薯 3 号等。从表 1 看, 平均播种期为 4 月上旬, 收获期均为 9 月下旬, 中熟品

种平均所需 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为 $2\,341.7^{\circ}\text{C}$, 从播种到收获期平均耗水量为 409.6 mm , 平均全生育期 168 d , 最短为 156 d , 最长为 180 d 。与省内其它地区相比, 其生育期积温大致相同, 但生长期却明显地延长了 $20\sim 30\text{ d}$ 。

表 1 1990~2009 年临夏市西川马铃薯生育期实测值

Table 1 Measured values of potato growth periods in Xichuan, Linxia City during 1990~2009

项目 Item	播种 (D/M) Seedtime	出苗 (D/M) Sprout	旁枝形成 (D/M) Branch	花序形成 (D/M) Inflorescence formation	开花 (D/M) Blooming	可收 (D/M) Mature	全生育期 (d) Whole growth season	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 Accumulated temperature	降水量 (mm) Rainfall
平均 Average	09/4	16/5	02/6	15/6	30/6	23/9	168	2341.7	409.6
最晚 Latest	17/4	24/5	16/6	20/6	06/7	30/9	180	2373.0	438.5
最早 Earliest	03/4	10/5	26/5	14/6	25/6	20/9	156	2367.3	406.2

2.2 马铃薯各生育期相关因子

马铃薯各生育期对气候条件的需求十分明显。通过相关计算, 不同生长期对气候条件有不同的需求。主要有以下几个需求相关特征(表 2):

播种前: 马铃薯产量与 3 月中旬日照和 3 月下旬气温呈正相关, 但与 3 月下旬的降水量呈负相关。

播种期: 与 4 月上旬日照和气温呈显著的正相关, 与 4 月份降水量 $\geq 0.1\text{ mm}$ 日数和 4 月中旬降水量呈正相关, 与 4 月上旬降水量呈负相关。

出苗至分枝期: 与 5 月上、中旬、5 月份日照和 5 月上旬、6 月上旬气温呈正相关, 与 5 月中旬和 6 月下旬气温呈显著的正相关。

花序形成至开花期: 与 7 月上、中旬、8 月上旬气温和 7 月下旬日照呈正相关, 与 8 月份 $\geq 0.1\text{ mm}$ 降水量日数对应为负相关。

开花块至茎膨大期: 与 7 月上旬、8 月份日照和 7 月下旬降水呈负相关, 与 7 月下旬日照和 8 月下旬气温呈正相关。

块茎膨大期至收获期: 与 8 月份、10 月上旬气温和 9 月份、10 月上旬降水呈正相关, 与 8 月份、9 月下旬日照呈负相关。

2.3 马铃薯各生育期动态气候预测模式

通过相关因子诊断和数据模拟, 利用多元回归方程建立了临夏州马铃薯不同生育期与对应气象因子影响产量的预测方程, 方程检验选择显著性水平 $\alpha = 0.05$, 自由度 $n = 14$, 变量个数 $m = 3$, 通过第一、第二自由度 $df(n, n-m-1)$ 的值在 F 统计量表上

查找 F 临界值为 2.615 , 计算所得的 F 检验值大于 F 临界值, 说明方程线性关系显著。

2.3.1 播种期预测模式

播种前期的土壤墒情直接影响着马铃薯的正常播种和出苗, 临夏州的平均播种时间为 4 月 9 日, 第一场透雨出现在 4 月中下旬到 5 月上旬。选用 4 月上旬气温、4 月份降水量和 4 月上旬日照, 通过检验 F 值为 5.376 , 自由度 $n = 14$, 建立模式方程:

$$Y = 2.73X_1 - 0.163X_2 - 0.523X_3 + 193.12 \quad (1)$$

其中 Y 表示马铃薯单产量; X_1 表示 4 月上旬气温; X_2 表示 4 月份降水量; X_3 表示 4 月上旬日照。利用 (1) 推测 1990~2009 年的产量, 把推测产量和实际产量对比(图 1), 可以看出用播种期气候因子, 推测的马铃薯产量和实际产量接近。经逐年回报检验, 其预测准确率为 72.2% 。

2.3.2 出苗至分枝期预测模式

马铃薯出苗至分枝期的平均日期在 5 月 16 日~6 月 2 日之间, 选用 5 月份日照、5 月中旬温度和 6 月下旬温度, 通过检验 F 值为 9.936 , 自由度 $n = 14$, 建立模式方程:

$$Y = 0.105X_1 - 2.42X_2 + 7.34X_3 + 52.049 \quad (2)$$

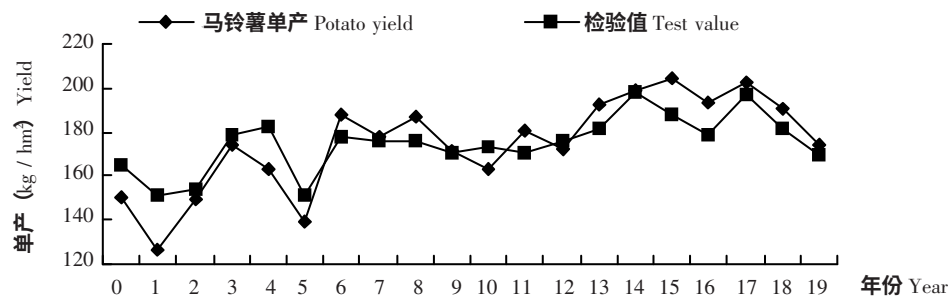
Y 表示马铃薯单产量; X_1 表示 5 月份日照; X_2 表示 5 月中旬温度; X_3 表示 6 月下旬温度; 利用方程 (2) 推测 1990~2009 年的产量, 把推测产量和实际产量对比(图 2), 可以看出用出苗至分枝期气候因子, 推测的马铃薯产量和实际产量接近。经回报检验, 其预测准确率为 70.0% 。

表 2 临夏州马铃薯各生育期气象因子与马铃薯产量间的相关系数
Table 2 Correlation coefficient between the climatic factor of each growing period
of potato and the production of potato in Linxia

生育期 Growth period	气象因子 Meteorological factor	相关系数 Correlation coefficient	生育期 Growth period	气象因子 Meteorological factor	相关系数 Correlation coefficient
播种前 Before seeding	T3 下	0.43**	花序形成期至开花期 Inflorescence formation- Blooming	T7 上	0.37**
	R3 下	-0.41**		T7 中	0.30*
	H3 中	0.36**		H7 下	0.42**
				T8 上	0.35**
				R8 ≥ 0.1	-0.46**
播种期 Seedtime	T4 上	0.57**	开花至块茎膨大期 Blooming- tuber bulking	R7 下	-0.39**
	R4 上	-0.30*		H7 上	-0.40*
	R4 中	0.43*		H7 下	0.42**
	R4 ≥ 0.1	0.39**		H8 月	-0.30**
	H4 上	0.59**		T8 下	0.43**
出苗至分枝期 Emergence- branch	T5 上	0.41*	块茎膨大期至可收期 Tuber bulking- mature	T8 月	0.37**
	T5 中	0.60**		H8 月	-0.30*
	T6 上	0.30*		H9 下	-0.48**
	T6 下	0.67**		R9 月	0.33**
	H5 上	0.47*		T10 上	0.53**
	H5 中	0.50**		R10 上	0.48**
	H5 月	0.32**			

注：表中 T 为平均温度；R 为降水量；H 为日照时数；T3 下为 3 月下旬平均温度；R3 下为 3 月下旬降水量；H3 中为 3 月中旬日照时数；依次类推；R8 ≥ 0.1 为 8 月 ≥ 0.1mm 的降水日数。**、* 分别表示通过 0.05、0.10 信度的假设检验。

Note: T stands for average temperature; R stands for rainfall; H stands for sunlight hours; 'T3 下' stands for temperature during the late of March; 'R3 下' stands for rainfall during the late of March; 'H3 中' stands for sunlight hours during the middle of March; and by parity of reasoning; R8 ≥ 0.1 stands for the days during which the rainfall ≥ 0.1mm in August. ** and * stand for passing the hypothesis testing of 0.05 and 0.10 reliability, respectively.



注 (Note) : 0-1990 年 (Yea) , 1-1991, 2-1992, 3-1993, 4-1994, 5-1995, 6-1996, 7-1997, 8-1998, 9-1999, 10-2000, 11-2001, 12-2002, 13-2003, 14-2004, 15-2005, 16-2006, 17-2007, 18-2008, 19-2009, 下同 (The same below) 。

图 1 马铃薯播种期单产预测趋势
Figure 1 Yield prediction trend of potato seedtime

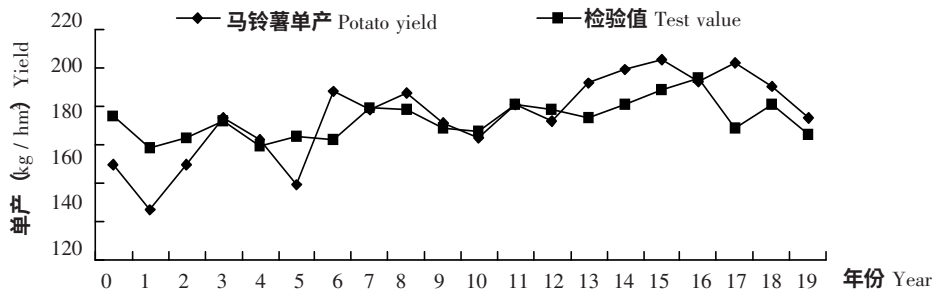


图2 马铃薯出苗至分枝期单产预测趋势

Figure 2 Yield prediction trend of potato emergence – branch period

2.3.3 花序形成至开花期预测模式

马铃薯花序形成至开花期的光、温、水的匹配直接影响着后期的产量,是生长期的关键阶段,选用7月上旬温度、7月下旬日照和8月上旬温度,通过检验 F 值为 7.319,自由度 $n=14$,建立如下方程:

$$Y = -0.628 X_1 + 0.371 X_2 + 4.763 X_3 + 62.80 \quad (3)$$

Y 表示单产量; X_1 表示 7 月上旬温度; X_2 表示 7 月下旬日照; X_3 表示 8 月上旬温度。利用方程 (3) 推测 1990~2009 年的产量,把推测产量和实际产量对比(图 3),可以看出用开花期气候因子,推测的马铃薯产量和实际产量接近。经回报检验,其预测准确率为 66.7%。

2.3.4 块茎膨大至成熟期预测模式

开花盛期是马铃薯茎叶生长最旺盛时期,也是块茎形成期,此期间对温、肥、水需求量为最大,块茎膨大期约 84~90 d。选用 8 月份温度、9 月份降水和 8 月份 ≥ 0.1 mm 日数,通过检验 F 值为 8.737,自由度 $n=14$,根据条件建立如下模式方程:

$$Y = 6.8286 X_1 + 0.2315 X_2 - 0.131 X_3 + 37.37969 \quad (4)$$

其中 X_1 表示 8 月份温度; X_2 表示 9 月份降水; X_3 表示 8 月份 ≥ 0.1 mm 日数。利用 (4) 推测 1990~2009 年的产量,把推测和实际产量对比(图 4),看出用块茎膨大至成熟期气候因子,推测的马铃薯产量和实际产量接近。经回报检验其预测准确率为 61.1%。

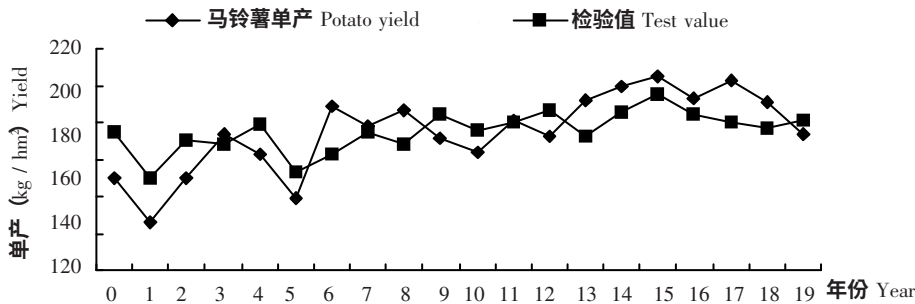


图3 马铃薯花序形成至开花期单产推测趋势

Figure 3 Yield prediction trend of potato inflorescence formation – blooming

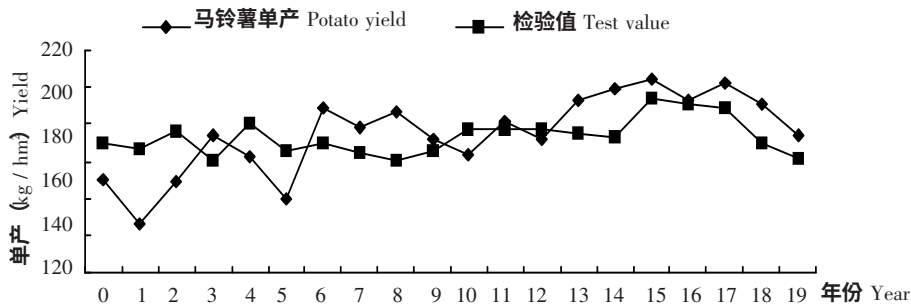


图4 马铃薯块茎膨大至成熟期单产预测趋势

Figure 4 Yield prediction trend of potato tuber bulking– mature

2.3.5 收获期预测模式

马铃薯收获期是地上部同化产物不断向块茎转送, 块茎重量持续增加, 但块茎体积不再增大, 该时期为淀粉积累期, 只需要足够的光照和较少的水分。选用 10 月上旬温度、10 月上旬降水和 9 月下旬日照, 通过检验 F 值为 7.212, 自由度 $n = 14$, 根据条件建立如下模式方程:

$$Y = 2.34066 X_1 + 0.35727 X_2 - 0.09677 X_3 + 150.5011 \quad (5)$$

其中 X_1 表示 10 月上旬温度; X_2 表示 10 月上旬降水; X_3 表示 9 月下旬日照。利用 (5) 式推测 1990~2009 年的产量, 把推测产量和实际产量对比

(图), 可以看出用收获期气候因子, 推测的马铃薯产量和实际产量接近。经回报检验其预测准确率为 66.7%。

通过以上预测模式检验, 临夏州马铃薯能否种植和取得高产, 主要取决于对马铃薯生长、发育和产量形成有决定意义的气象因子。在马铃薯适生种植区划中, 根据上述分析, 选用苗期温度和降水量, 主要考虑它是决定马铃薯能否正常生长发育的重要条件; 选择开花期的温度和降水, 它是决定马铃薯现蕾开花和块茎形成的关键要素; 选择块茎膨大期降水和日照, 是考虑影响块茎的体积和重量不断增长的重要热量和水分指标。

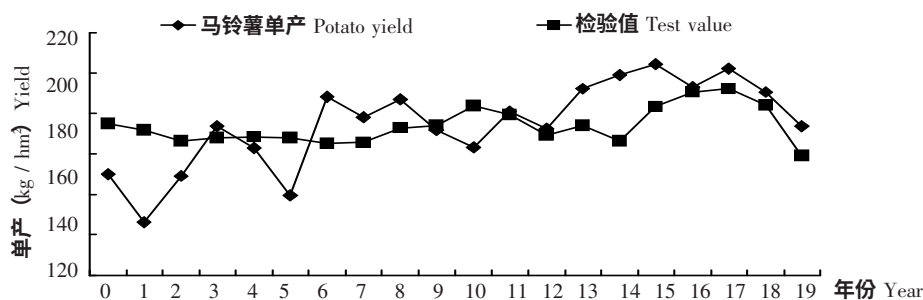


图5 马铃薯收获期单产预测趋势

Figure 5 Yield prediction trend of potato harvest time

3 讨论

马铃薯各生育期的气象条件与后期产量、干物质的积累和品质的形成都有密切的关系。建立的产量动态气候模型, 可有效地指导马铃薯在不同气候条件下的种植区域和种植面积, 预测出最佳种植期和收获期, 对趋利避害等方面有较强的指导意义。本模型能体现出马铃薯生长的不同阶段对光、热、水的需求情况, 可采用不同的田间管理措施。所以, 对马铃薯生长发育模拟的研究, 是实现马铃薯高产稳产的基础^[8-9]。该研究用马铃薯实际产量与气象因子建立的相关性、多元回归方程效果好于用二项式、线性方程得出的气候产量模型。在作物产量资料的分析与处理方面, 将产量分离成趋势产量和气候产量, 建立预测模式方程, 有待进一步学习和研究^[10]。

该模型是在肥水基本满足的条件下建立起来的, 未考虑病虫害及其它灾害对作物的不利影响, 因此, 有待于进一步深入研究, 建立起一个完整的马铃薯生态气候模型, 推动作物模型更好地服务于生产实践^[11]。

[参 考 文 献]

- [1] 姚晓红, 李侠. 气候变暖对天水市川灌地玉米生长发育的影响及对策研究[J]. 干旱气象, 2006, 24(3): 57-61.
- [2] 费晓玲, 丁春兰. 甘肃黄土高原地温与冬小麦发育期的关系分析[J]. 干旱气象, 2009, 27(2): 148-151.
- [3] 康朵兰, 王惠群, 萧浪涛, 等. 马铃薯主要生理性状和产量性状相关性的研究[J]. 中国马铃薯, 2007, 21(3): 149-152.
- [4] 姚玉璧, 邓振镛, 王润元, 等. 气候暖干化对甘肃马铃薯生产的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(3): 16-20.
- [5] 刘德祥, 郭俊琴, 董安祥, 等. 气候变暖对甘肃夏秋作物产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(4): 123-128.
- [6] 郭连云, 赵恒和, 刘运华. 共和县高寒干旱地区马铃薯生产的气象条件分析[J]. 中国马铃薯, 2008, 22(4): 210-212.
- [7] 刘德祥, 赵红岩, 董安祥, 等. 气候变暖对甘肃夏秋季作物种植结构的影响[J]. 冰川冻土, 2005, 27(6): 806-812.
- [8] 胡祖丽. 马铃薯生长发育对环境条件的需求及其栽培措施[J]. 福建农业科技, 2010(4): 43-46.
- [9] 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.
- [10] 孙俊, 李剑萍, 吴志歧, 等. 气候条件对马铃薯产量的影响及产量预报模型研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(23): 12400-12402.
- [11] 王爱华, 黄冲平. 马铃薯生育期进程的计算机模拟模型研究[J]. 中国马铃薯, 2003, 17(2): 74-77.