

基于 GIS 技术的马铃薯种植气候区划

唐红艳, 牛宝亮, 张 福

(内蒙古兴安盟气象局, 内蒙古 乌兰浩特 137400)

摘 要: 利用 26 个气象观测站 1971~2000 年标准气候统计资料和 1:25 万地理信息资料, 采用多元回归方法建立了兴安盟马铃薯种植气候区划因子与地理信息的推算模型, 确定了兴安盟地区马铃薯种植综合气候区划指标, 并依托 GIS 技术划分了马铃薯适宜、次适宜及不适宜种植地区。结果表明, 内蒙古兴安盟西北部气候冷凉, 昼夜温差大, 湿润度较好, 是兴安盟优质马铃薯种植基地, 应逐步扩大种植面积; 而兴安盟东南部由于 7 月份温度过高, 降水量偏少, 加上昼夜温差相对其它地区小, 不利于马铃薯高产优质, 应逐步减少马铃薯种植面积; 兴安盟中部偏东南地区由于热量资源居中, 降水量相对较多, 为马铃薯次适宜种植地区。

关键词: 区划因子; 模型; 综合气候区划指标; 马铃薯; GIS

中图分类号: S532.019 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)04-0158-05

马铃薯是内蒙古重要的特色作物和优势作物, 其产量和质量在我国有着良好的声誉。马铃薯也是内蒙古兴安盟三大粮食作物之一, 其播种面积仅次于玉米、大豆而位居第三, 近年来有不断扩大的趋势。兴安盟统计局提供的资料表明, 20 世纪 90 年代马铃薯平均种植面积 16 667 hm^2 , 21 世纪以来平均种植面积增加到 23 333 hm^2 , 尤其近年来建立了优质马铃薯种薯基地, 2008 年种植面积扩大到 33 333 hm^2 。

马铃薯产量高低及质量优劣除受自身品种特性影响外, 还受诸如土壤、气候等环境条件影响, 其中环境气象条件对马铃薯种植地区、产量和质量影响比较显著。由于各地区的气候差异性, 马铃薯生长发育及产量形成过程中的关键气象因子不同^[1-3], 因而各地区选择的种植气候区划因子也不相同。近年来, GIS 技术在气候资源区划和作物种植区划中得到广泛应用并取得了较好的效果^[4-9]。但研究马铃薯种植气候区划的文献中, 多采用单个气象因子作为区划因子, 而将单个区划因子通过量化的表达方式组合在一起来确定马铃薯种植综合气候区划指标的研究不多见。本文采用多元回归方法建立了区划因子与地理信息的推算模型, 通过经验方法赋予区划因子不同的权重系数, 建立了兴安盟马铃薯种植综合气候区划指标与地理信息的定量关系, 并依托 GIS 技术划分了马铃薯适宜、次适宜及不适宜种植地区。分区结果为合理利用气候资源, 提高马铃薯产量和质量提供参考, 同时为建立优质马铃薯

生产基地和良种繁育基地奠定技术基础。

1 研究区概况及资料来源

1.1 研究区概况

研究区域位于内蒙古自治区东北部的兴安盟 (44°14' ~ 47°39' N, 119°28' ~ 123°38' E), 地处大兴安岭中段的浅山丘陵地区, 东北—西南走向的大兴安岭贯穿境内西部, 造成地形由东南向西北阶梯状抬升的地势, 导致热量资源由东南向西北逐渐递减, 立体气候特征明显。该区属于中温带大陆性季风气候, 典型的农牧林交错带, 东南部海拔最低地区是全盟主要农业区, 中部浅山丘陵地带为农牧交错区, 西北部海拔较高地区以林牧为主, 兼顾少量农业生产。该区稳定 $\geq 10^\circ\text{C}$ 活动积温 1 357.3 ~ 3 055.4 $^\circ\text{C}\cdot\text{d}$, 年降水量 354.3 ~ 485.5 mm, 年蒸发量 1 126.1 ~ 2 045.9 mm, 无霜期 59 ~ 156 d, 最热月 7 月平均温度 16.8 ~ 23.7 $^\circ\text{C}$ 。

1.2 资料来源

地理信息来源于国家测绘局 1:25 万地理信息数据, 包括兴安盟行政区划、数字高程等地理信息资料; 气候资料来源于内蒙古兴安盟辖区内的 8 个气象观测站和相邻地区内蒙古通辽市 6 个站、呼伦贝尔市 4 个站以及相邻省份吉林省白城市 4 个站、黑龙江省齐齐哈尔市 4 个站的气象观测资料, 包括 1971~2000 年逐月温度、降水量、稳定 $\geq 10^\circ\text{C}$ 活动积温、无霜期等共计 26 个气象观测站的标准气候统计值和经度、纬度、海拔高度。农作物播种面积数据来

收稿日期: 2009-11-27

基金项目: 2007 年中国气象局多轨道业务建设项目“东北地区生态与粮食安全监测评价预警系统”; 2005 年内蒙古气象局业务开发项目“农作物及其品种布局咨询服务系统”

作者简介: 唐红艳 (1966—), 女, 辽宁建平人, 高级工程师, 硕士, 主要从事应用气象、气候对环境的影响研究。E-mail: wssythy@sohu.com。

源于兴安盟统计局。

2 分析方法

2.1 地理信息资料的处理

在地理信息系统 Citystar 4.0 平台下,将 1:25 万地理信息数据进行导入、拼接、拓扑运算和投影、配准等图层处理,最终生成兴安盟地区的海拔高度、经度和纬度栅格图层。

2.2 气候区划因子的选择及指标确定

马铃薯喜冷凉气候,即怕高温又怕霜冻,较大的气温日较差和丰富的光照有利于提高其产量和品质。兴安盟属于易旱雨养农牧业区,大部分农田不具备灌溉条件,抗御自然灾害能力比较弱,素有十年九春旱之称,尤其春播时期遭遇干旱只能靠天等雨播种,延误了农时秋季就容易遭受霜冻危害而造成减产。因此春播时期降水量是影响农作物播种和抓苗的主要限制因子之一。马铃薯结薯期是马铃薯产量形成的关键时期,对水热条件要求都较高^[2]。此时期温度过高不利于块茎膨大,遇干旱也可造成严重减产^[7]。综合上述分析,选择春播时期的 4 月份降水量(R_4)、马铃薯结薯期的 7 月份温度($\bar{T}_7$)和降水量(R_7)作为兴安盟马铃薯种植气候区划的主要区划因子。

兴安盟 4 月份平均降水量为 10 ~ 20 mm,超过 15 mm 马铃薯就能正常出苗,不足 10 mm 就无法播种和出苗;马铃薯结薯期最适宜温度为 15 ~ 19℃,超过 21℃则块茎小,退化严重^[7],超过 25℃停止生长^[3];马铃薯结薯期也是需水关键期,降水量的多少对产量影响显著,不足 100 mm 的地区减产明显^[7]。兴安盟 7 月份平均温度 16.8 ~ 23.7℃,由东南向西

北逐渐递减,地区间差异明显,而 7 月份降水量地区间差异不显著(121 ~ 166 mm)。根据马铃薯生长发育对气象条件的要求,结合兴安盟气候区划因子特点,确定马铃薯适宜、次适宜及不适宜种植气候区划指标见表 1。

表 1 兴安盟马铃薯种植气候区划指标
Table 1 The indicators of climatic regionalization of potato planting area in Xing'an League

区划因子 Regionalization factors	适宜 Appropriate	次适宜 Second appropriate	不适宜 Inappropriate
7 月平均气温(℃) Average temperature in July	≤ 19.0	19.0 ~ 23.0	> 23.0
4 月降水量(mm) Rainfall in April	≥ 15.0	10.0 ~ 15.0	< 10.0
7 月降水量(mm) Rainfall in July	≥ 130.0	100.0 ~ 130.0	< 100.0

2.3 区划因子模型的建立

采用多元回归统计方法,应用 23 个(另 3 个站进行检验)气象观测站 1971 ~ 2000 年的气候统计值,分别建立 7 月平均气温($\bar{T}_7$)、4 月降水量(R_4)和 7 月降水量(R_7)与经度、纬度和海拔高度的空间分布模型见表 2。模型均通过显著性检验、回代检验和模拟检验^[11],可用于模拟兴安盟的农业气候资源空间分布。

模型中 X_1 为经度, X_2 为纬度, X_3 为海拔高度, 7 月平均温度模型通过信度 0.01 水平的 F 检验, 4 月和 7 月降水量模型通过信度 0.1 水平的 F 检验。用兴安盟周边 3 个站资料进行模拟检验,拟合平均误差分别为 0.3、0.4 和 8.8^[11],效果比较理想。

表 2 兴安盟马铃薯区划因子推算模型
Table 2 Calculation model of regionalization factors of potato planting area in Xing'an League

区划因子 Regionalization factors	回归模型 Regression equation	复相关系数 Multiple coefficient	信度 Confidence limit	平均误差 Average error
7 月平均气温(℃) Average temperature in July	$Y = 45.2021 + 0.0103X_1 - 0.4749X_2 - 0.0073X_3$	0.9940	0.01	0.3
4 月降水量(mm) Rainfall in April	$Y = -208.0597 + 1.5692X_1 + 0.6138X_2 + 0.007X_3$	0.7776	0.1	0.4
7 月降水量(mm) Rainfall in July	$Y = 2432.5439 - 25.7887X_1 + 19.3109X_2 - 0.1071X_3$	0.7394	0.1	8.8

2.4 马铃薯种植综合气候区划指标的确定

首先将表 1 中的马铃薯区划因子进行无量纲化处理如下:

$$a = -\bar{T}_7/22, b = R_4/20, c = R_7/150$$

由于马铃薯是喜冷凉作物,高温是当地马铃薯

的主要限制因子之一,因此在确定区划因子的权重系数时重点考虑 7 月份温度,兼顾水分因子。据此确定 a 的权重系数为 0.6, b 、 c 的权重系数均为 0.2,建立马铃薯种植综合气候区划指标 P_y 与区划因子的定量公式(1)。

$$P_y = 0.6a + 0.2b + 0.2c \quad (1)$$

2.5 马铃薯种植气候区划专题图的制作

在地理信息系统 Citystar 4.0 平台下,根据生成的经度、纬度和海拔高度栅格图层,应用表 2 中的模型,首先推算出 4 月降水量、7 月平均气温和降水量空间分布,再应用公式(1)推算出兴安盟 P_y 值的空间分布。

根据兴安盟农牧业气候资源区划细化结果^[10]和农作物种植结构调整方向,结合马铃薯生长发育对气候条件的要求,经反复调整指标划分如下:

$-0.384 < P_y < -0.32$ 划分为兴安盟马铃薯适宜种植地区

$-0.32 \leq P_y < -0.23$ 划分为兴安盟马铃薯次适宜种植地区

$-0.23 \leq P_y < 0.009$ 划分为兴安盟马铃薯不适宜种植地区

根据上述分区指标制作出如图 1 所示的兴安盟马铃薯种植气候区划空间分布图。

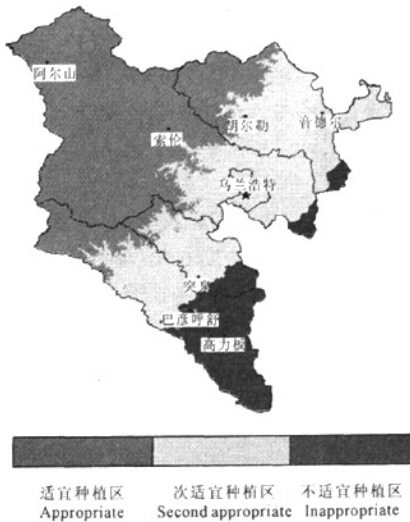


图 1 兴安盟马铃薯种植气候区划分布图

Fig.1 Fit growth climate distribution of potato planting area in Xing'an League

3 结果分析

兴安盟接近 50% 的地区适宜种植马铃薯(图 1),由西北向东南依次为适宜、次适宜和不适宜种植地区,即热量资源欠缺、气候冷凉的西北部为适宜种植地区,热量适中的中部偏东南为次适宜种植地区,而热量资源丰富、气候温暖的东南部为不适宜种植地区。

3.1 马铃薯适宜种植地区

本区位于兴安盟西北部,包括海拔最高的阿尔山市,科右前旗好仁苏木、大石寨镇一线以西以北地区,扎赉特旗新林镇、胡尔勒镇一线以西以北地区,突泉县宝石镇以西以北地区,科右中旗吐列毛杜镇、坤都冷苏木一线以西以北地区。

本区海拔高度在 600 m 以上,森林、草原植被较好。本区主要气候特点是气候冷凉,昼夜温差大,湿润度较好,是全盟无霜期最短地区。该区年平均温度 $< 2^{\circ}\text{C}$,稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温 $< 2\,500^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,无霜期 120 d 以内,阿尔山地区平均无霜期只有 59 d,年降水量 450 mm 左右。正值马铃薯播种的 4 月份本区降水量超过 15 mm,有利于马铃薯播种和发芽出苗;结薯期的 7 月平均气温 $< 20^{\circ}\text{C}$,且很少出现高温天气,且 7 月降水量超过 130 mm。本区适宜的气候条件有利于马铃薯高产优质,应逐步扩大种植面积,建立起规模化的优质马铃薯种薯基地。由于本区是兴安盟无霜期最短地区,因此在马铃薯品种选择上应以中、早熟品种为主。

3.2 马铃薯次适宜种植地区

本区位于兴安盟中部偏东南地区,包括扎赉特旗胡尔勒镇以东以南地区,科右前旗好仁苏木、大石寨镇一线以东以南地区,乌兰浩特市,突泉县宝石镇以东以南地区,包括学田乡、六户镇、太和乡、永安镇、东杜尔基镇、太东乡、溪柳乡、突泉镇,科右中旗吐列毛杜镇、坤都冷苏木一线以东以南地区,包括巴扎拉嘎苏木、额木延高勒苏木、代钦塔拉苏木、杜尔基镇、西尔根苏木。

本区海拔高度 200 ~ 600 m,属于农牧交错带。本区热量资源适中,降水量相对较多。该区年平均温度 $2 \sim 5^{\circ}\text{C}$,稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温 $2\,500 \sim 2\,800^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,无霜期 115 ~ 135 d,年降水量 420 ~ 460 mm。马铃薯播种的 4 月份本区降水量 12 ~ 15 mm,马铃薯勉强能够播种发芽;结薯期的 7 月平均气温 $20 \sim 23^{\circ}\text{C}$,降水量 130 mm 左右,虽然比较适宜马铃薯结薯,但 7 ~ 8 月份会出现高温天气,影响马铃薯产量和质量。该区种植马铃薯的限制因子是 7 ~ 8 月的高温天气,如果能够调整播种期而避开夏季的高温,马铃薯也能够获得较好的产量和质量。在品种选择上宜种植中、晚熟品种。

3.3 马铃薯不适宜种植地区

本区位于兴安盟东南部,包括科右中旗巴彦舒镇、西尔根苏木一线以东以南地区,突泉县的太平乡、水泉镇、九龙乡,科右前旗和扎赉特旗东南部靠近边界地区。

本区海拔高度在300 m以下,是兴安盟光热资源最丰富、水分条件最贫乏地区。该区年平均温度 $>5^{\circ}\text{C}$,稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温 $2\,800^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 以上,无霜期135 d以上,年降水量 $<400\text{ mm}$ 。马铃薯播种的4月份降水量不足10 mm,90%的年份发生春旱,马铃薯不能正常播种和出苗;7月平均气温 $>23^{\circ}\text{C}$,降水量不足100 mm,高温干旱的气候特点不利于马铃薯高产优质。

本区马铃薯种植的主要限制因子是过高的温度和干旱少雨。本区由于热量资源丰富,马铃薯结薯期温度过高,降水量偏少,加上昼夜温差相对其它地区小,虽然马铃薯能够正常成熟,但浪费热量资源的同时,马铃薯也不会高产优质,不利于提高农民经济收入。在有灌溉条件的前提下,本区应大力发展玉米、水稻等喜热量作物。

4 结论与讨论

1) 建立了兴安盟马铃薯种植气候区划因子与地理信息的回归模型,将兴安盟8个气象观测站的气象资料插值到 $3''\times 3''(80\text{ m}\times 80\text{ m})$ 的网格点上,实现了气象资料的空间连续性分布。通过经验方法赋予气候区划因子不同的权重系数,最终确定了兴安盟地区马铃薯种植综合气候区划指标与地理信息的定量关系,并依托GIS技术将兴安盟划分为马铃薯适宜、次适宜及不适宜种植地区,区划精度和分辨率都大幅度提高,更好地满足政府、相关部门及农民对马铃薯生产的实际需求。

2) 内蒙古兴安盟地区接近50%的地区适宜种植马铃薯,依次为西北部适宜种植、中部次适宜种植和东南部不适宜种植地区。根据上述分区结果,针对目前兴安盟马铃薯种植广泛的现状,应逐步扩大西北部马铃薯种植面积,减少东南部马铃薯种植面

积,在充分合理利用气候资源的基础上,最大限度提高马铃薯产量和质量。

3) 兴安盟主体位于大兴安岭中段东南坡,大地形基本一致,因此建立气候区划因子空间分布模型时只考虑了经度、纬度和海拔高度的影响,事实上气象要素的空间分布还受坡度及坡向影响^[9],有待于今后进一步研究。

4) 大兴安岭及岭西北地区虽然在马铃薯适宜种植范围内,但其下垫面以森林为主,因此不可能种植马铃薯。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 宋学锋,侯琼.气候条件对马铃薯产量的影响[J].中国农业气象,2003,24(2):35—38.
- [3] 孙俊,魏广洪,王卫东,等.西吉县马铃薯种植业农业气候区划[J].中国马铃薯,2008,22(2):111—114.
- [4] 白美兰,侯琼.马铃薯产量的风险评估及区划研究[J].气象科技,2003,31(4):237—242.
- [5] 白美兰,侯琼,郝润全,等.乌兰察布盟地区马铃薯优良品种气候区划[J].中国农业气象,2005,26(1):20—23.
- [6] 唐红艳,牛宝亮,杨延龄.内蒙古兴安盟农作物品种布局业务系统的开发[J].干旱地区农业研究,2007,25(3):73—76.
- [7] 孙文堂,苗春生,沈建国,等.基于GIS的马铃薯种植气候区划及风险区划的研究[J].南京气象学院学报,2004,27(5):650—659.
- [8] 苏占胜,秦其明,陈晓光,等.GIS技术在宁夏枸杞气候区划中的应用[J].资源科学,2006,28(6):68—72.
- [9] 王加义,陈惠,李文,等.GIS在福建龙眼低温冻害分析中的应用[J].中国农学通报,2008,24(7):500—503.
- [10] 庞万才,王民,牛宝亮,等.内蒙古兴安盟农牧业气候资源与区划[M].北京:气象出版社,2004.
- [11] 牛宝亮.兴安盟气候资源小网格推算模型的建立与应用[D].北京:中国农业大学,2006.

Climatic regionalization of potato planting area based on GIS technology

TANG Hong-yan, NIU Bao-liang, ZHANG Fu

(Meteorological Bureau of Xing'an League, Wulanhaote, Inner Mongolia 137400, China)

Abstract: Using standard climate statistics from 26 meteorological stations during 1971 ~ 2000 and 1:25 million geographic information, the authors established a regression model between climatic regionalization factors of potato planting area and geographic information, identified the indicators of comprehensive climatic regionalization factors in Xing'an League, and also divided the Xing'an League into appropriate, second appropriate and inappropriate areas for potato planting by GIS technology. The result shows that north - west of Xing'an League in Inner Mongolia is a high quality potato - producing base because of its cool climate, big day-night temperature difference and good wetting degree. Potato planting area should be gradually expanded in this region. The climate of south Xing'an League is disadvantageous for high quality and high-yield potato planting because of its too high temperature in July, little precipitation and small day-night temperature difference. Potato planting area should be gradually reduced in this region. The central south of Xing'an League is second appropriate for potato planting because of its mid heat resources and relatively higher precipitation. The divisional results have an important reference value to the rational use of climate situation, farming structural adjustment, and the improvement of the quality and yield of potato production.

Keywords: regionalization factor; mode; comprehensive indicators of climatic regionalization; potato; GIS

(上接第 139 页)

Effects of mulching with different kinds of plastic film on growth and water use efficiency of winter wheat in Weibei Highland

BAI Li-ting, HAI Jiang-bo, HAN Qing-fang, JIA Zhi-kuan

(The Research Center for Agriculture in Arid and Semiarid Areas, Key Laboratory of Crop Production and Ecology, Minister of Agriculture of PRC, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: A study was conducted on growth conditions, water use efficiency and yield-increasing effect of two kinds of different degradable mulching films and common plastic film in Weibei Highland of Shaanxi. The results showed that the plant height, dry matter accumulation, yield and water use efficiency of winter wheat treated with biodegradable film and common plastic film were significantly ($P < 0.05$) higher than that with conventional open field cultivation, and winter wheat ears were remarkably increased, so as a modest increase in the number of grains per spike. The yield-increasing extent was 6.45% and 28.95%, 7.52% and 22.44% respectively without significant difference between these two kinds of coverage in two consecutive years, and the water use efficiency increased by 11.39% and 35.02%, 14.40% and 12.96% respectively. The soil water storage of 0 ~ 200 cm soil layer increased by 17.9 ~ 64.2 mm compared with the control. The common plastic film had a great role in promoting plant height and dry matter accumulation in winter wheat, while the liquid film, because of its vulnerability to environmental impact, could not fully play its physiological and ecological effects. Biodegradable film had good soil moisture conservation effect and increased water use efficiency to 17.73 kg/(mm·hm²), as well as showed good economic and ecological benefits due to effectively solving the "white pollution" problem.

Keywords: winter wheat; biodegradable film; common plastic film; liquid film; WUE