

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2017)04-0210-06

栽培生理

海原县马铃薯气候适宜性精细化区划

马力文^{1,2}, 刘 静^{1,2*}, 马金富³, 张学艺^{1,2}

(1. 中国气象局旱区特色农业气象灾害监测预警与风险管理重点实验室, 宁夏 银川 750002;

2. 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 宁夏 银川 750002; 3. 宁夏海原县气象局, 宁夏 中卫 755200)

摘 要: 由于地形地貌复杂, 加之仅靠1个气象监测站的数据进行宁夏海原县马铃薯区划难以准确, 精细化程度不够, 采用海原县12个区域自动站2008~2014年资料开展马铃薯气候适宜性精细化区划。根据已有的研究, 选择与马铃薯产量相关显著的3个气象因子作为马铃薯适宜气候区划指标, 即以7月平均气温表征开花至结薯阶段气温适宜程度, 7月降水量表征马铃薯膨大初期水分满足状况, 8月最高气温表征薯块膨大中后期热量条件。按照3个因子的等级将研究区域划分为极适宜区、较适宜区和不适宜区3个等级。极适宜区包括海原县南部半阴湿区, 为月亮山和南华山两大山系所形成的黄土高原丘陵沟壑区; 较适宜区分布在海原县中部大部分地区, 该地区地貌复杂, 一般为梁峁残原地带, 河谷川地较多。海原县北部是不适宜区。

关键词: 自动气象站; 马铃薯; 精细化; 农业气候区划

A Meticulous Climatic Division Suitable for Potato Planting in Haiyuan County

MA Liwen^{1,2}, LIU Jing^{1,2*}, MA Jinfu³, ZHANG Xueyi^{1,2}

(1. Key Laboratory for Meteorological Disaster Monitoring and Early Warning and Risk Management of Characteristic Agriculture in Arid Regions, China Meteorological Administration, Yinchuan, Ningxia 750002, China; 2. Ningxia Key Laboratory of Meteorological Disaster Prevention and Reduction, Yinchuan, Ningxia 750002, China; 3. Haiyuan Meteorological Bureau, Zhongwei, Ningxia 755200, China)

Abstract: As the potato regionalization of the Haiyuan County in Ningxia is very difficult in accuracy and elaborate degree due to the complicated topography, geomorphology and data based only one meteorological station, the meticulous potato climate suitability division was carried out with the meteorological observation data from 12 regional stations from 2008 to 2014. The three meteorological factors related to potato yield were selected as the suitable climatic zoning indexes according to the existing researches. One is the average temperature in July which indicates the temperature suitability from flowering to tuberization stage; the second is the precipitation in July which represents the water requirement in the early stage of tuber bulking; and the third is the average highest temperature in August that signs the heat conditions in middle-late periods of tuber bulking. The study area was divided into three grades according to the grade of the three factors: the most suitable, the suitable and the unsuitable areas, respectively. The most suitable area is located in the semi humid loess hilly and gully region between the Moon Mountain and Nanhua Mountain in the southern part of Haiyuan County; the suitable area is distributed in most of the central region of Haiyuan County where the physiognomy is complex with more valley and platform. However, northern Haiyuan is belonged to the unsuited region.

Key Words: automatic weather station; potato; meticulous; agricultural climate regionalization

收稿日期: 2015-05-21

基金项目: 中国气象局气候变化专项(CCSF201415); 中国气象局气候变化专项(CCSF201617); 中国气象局气候变化专项(CCSF201727)。

作者简介: 马力文(1964-), 女, 高级工程师, 主要从事农业气候资源、农业气象、遥感应用等方面研究。

*通信作者(Corresponding author): 刘静, 硕士, 研究员, 主要从事气候变化适用技术研究, E-mail: ahmd_liujing@163.com。

宁夏海原县地处黄土高原西北部,属黄河中游黄土丘陵沟壑区。境内丘陵起伏,沟壑纵横,六盘山余脉(南华山、西华山、月亮山等)由南向北深入境内,地形、地貌及气候条件复杂多样。年均气温 7°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $2\,398^{\circ}\text{C}$,无霜期 $149\sim 171\text{d}$,年平均降水量 363mm ,且60%集中在7~9月^[1]。海原县是宁夏马铃薯第二种植大县,近年来种植面积在 4.33万hm^2 以上,总产值超过5.2亿元^[2]。随着马铃薯种植区域逐渐扩大,加上农户盲目种植,有些不适宜的区域也大面积种植马铃薯,造成马铃薯产量年际间变幅巨大,特别是近十年来受气候变暖、干旱频繁的影响,单产的降幅较

大,对马铃薯产业的发展造成了一定影响(图1)。如何充分利用当地光热资源,合理布局,趋利避害,提高产量和效益是马铃薯产业发展中急需解决的关键问题^[3]。

近年来,海原县布设了区域自动气象站网,获取资料及时准确、时间和空间分辨率高,使开展县域内马铃薯适宜种植的精细化农业气候区划成为可能。本文利用县域内12个区域自动气象站点2008~2014年的资料,对海原县马铃薯的气候适宜性进行了精细化区划,使气候区域尺度更小,提高了区划的精度,为合理进行种植结构调整提供科学依据。

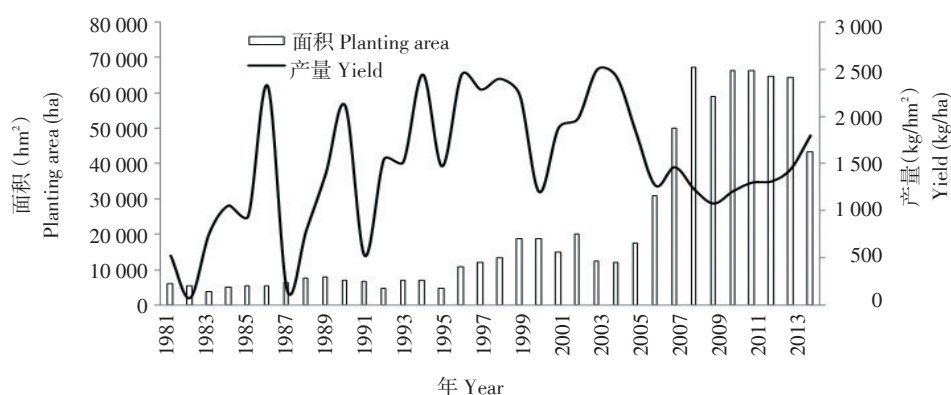


图1 宁夏海原县历年马铃薯种植面积和单产变化

Figure 1 Trends of potato planting area and yield in Haiyuan County of Ningxia

1 资料及方法

1.1 气象站点的选取与ArcGIS定标

气象站点数据来自宁夏气象信息中心档案资料,包括海原县本站(区域大监站)和2008~2014年自动气象站资料,各站点地理信息见表1。

利用海原点阵数据shp文件,将海原县地理信息进行掩膜裁切,形成独立的海原地理信息数据包,包括海原县经度、纬度、海拔高度等信息。上述的行政边界、经纬度、高程数据文件都采用重采样和投影坐标变换后,将地理信息数据统一到 250m 格点分辨率和WGS1984的投影坐标上。将站点信息通过ArcGIS软件导入后进行分布性检验,发现站点分布合理、均匀,可代表县域内基本气候状况(图2)。

1.2 区划气象因子与指标界限的确定

开展各地种植马铃薯的气候适宜性区划,首先需要了解当地马铃薯的生育进程与适宜生长的气象条件,建立能反映产量水平的客观分区气候指标。海原县马铃薯一般在4月下旬至5月上旬播种,10月上旬收获。5月为发芽期,6月为幼苗期,7月上中旬为发棵期,7月为块茎膨大初期,8~9月为淀粉积累期^[4]。一般来说,马铃薯是喜凉作物, 4°C 以上就可发芽, $10\sim 12^{\circ}\text{C}$ 幼芽生长健壮。发棵期和开花期对温度要求比较严格,适宜温度 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$,气温偏高影响块茎形成和结薯数目,高于 23°C 难以形成块茎。结薯期气温 $18\sim 21^{\circ}\text{C}$ 、气温日差较大对块茎的生长和淀粉积累最为有利,超过 21°C 块茎生长受到抑制,超过 25°C 块茎基本停止生长,

表1 海原县马铃薯气候适宜性区划气象站点信息

Table 1 Weather station information for potato climatic suitability regionalization in Haiyuan County

站号 Station No.	站名 Station	站址 Site	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔高度 Altitude
Y2204	关桥	李满祥家	105.790 8	36.794 17	1 497
Y2205	罗山	原乡政府	105.614 4	36.701 94	1 559
Y2207	李旺	李旺镇	106.091 9	36.689 44	1 404
Y2208	西安	西安水管所	105.507 8	36.606 39	1 734
Y2209	树台	水保站	105.433 9	36.503 33	1 860
Y2210	贾塘	乡政府	105.863 1	36.510 56	1 595
Y2211	郑旗	乡政府院内	105.962 5	36.455 83	1 620
Y2212	曹洼	乡政府院内	105.755 3	36.423 06	1 941
Y2213	关庄	养路段	105.535 6	36.271 11	2 223
Y2214	红羊	人影作业点	105.621 4	36.305	2 265
Y2215	九彩	九彩养路中心	105.906 4	36.293 33	1 909
Y2216	海原新区	黑城	106.065 6	36.391 67	1 569
53806	海原	海原气象局	105.390 0	36.34	1 854



图2 海原县马铃薯气候适宜性区划中气象站点的选择分布

Figure 2 Distribution of the meteorological information stations for potato climatic suitability regionalization in Haiyuan County

超过 27 ℃ 发生次生生长期, 形成小薯和异形薯^[5]。

宋玉芝等^[6]认为, 西吉县马铃薯生育期内的积温、日照与茎叶干物质重呈正相关, 降水量呈二次曲线关系, 存在适宜降水量, 过多容易因晚疫病而减产。谢萍等^[7]研究表明, 西吉县种植的‘陇薯 3 号’淀粉含量与块茎膨大期间的降水量、积温和日照均显著相关, 表明当地降水不足、积温不足均影响马铃薯成熟度。孙芳等^[8]对农学旱作区马铃薯产量与气象条件的分析表明, 6 月下旬至 7 月中旬的发芽期降水量与产量极显著正相关, 块茎膨

大初期的气温日较差与产量极显著负相关, 也间接反映出此阶段晴热少雨不利于块茎膨大。陈义明^[9]认为青海省互助县马铃薯块茎膨大期温度、降水量与产量正相关密切, 该地海拔 2 100~2 400 m, 后期热量不足是产量限制的原因。中部干旱带光热资源较好, 降水不足是限制马铃薯增产的主要原因^[10,11], 马金虎等^[12]在块茎膨大初期补灌使产量大幅提高, 也证实了降水不足是限制产量的主要原因。

分析宁夏各地马铃薯生育期间历年逐旬气温和降水量, 发现海原县 7 月份降水偏少, 是限制

产量的主要原因^[13]。朱赟赟等^[11]通过积分回归发现中部干旱带7月份降水量与产量极显著正相关,7月份平均气温与产量显著负相关,适宜气温为18~21℃,超过25℃块茎基本停止生长。王连喜等^[4]通过气象产量相关性确定的马铃薯区划指标中,除了上述2个因子外,7~8月平均最高气温也是区划的关键因子,但分析认为,8月份最高气温对产量的影响更显著。因此,参考上述因子及指标,结合海原县马铃薯生育期内各气候

因子与气象产量的关系,确定了海原县马铃薯适宜气候区划的因子和各因子的分级指标,并参考唐红艳等^[14]的对内蒙古东部马铃薯膨大期的温度适宜指标,对海原县区划的气象指标进行了修订,以7月平均气温表征开花至结薯阶段气温适宜程度,7月降水量表征马铃薯膨大初期水分满足状况,8月最高气温表征薯块膨大中后期热量条件,得到了海原县马铃薯的气候适宜性区划指标(表2)。

表2 海原县马铃薯气候区划指标
Table 2 Meteorological indexes for potato climatic regionalization in Haiyuan County

分区名称 Partition name	7月平均气温(℃) Average temperature in July	7月降水量(mm) Precipitation in July	8月最高气温(℃) Highest temperature in August
适宜区 Suitable area	15~19	≥65	21~23
次适宜区 Second suitable area	20~23	45~65	24~28
不适宜区 Unsuitable area	≥23	≤45	<21, ≥28

1.3 气候因子小网格推算

为获取海原县马铃薯区划各气象因子地理分布,需建立地理推算模式。利用ArcGIS软件的小网格分析方法建立气候要素与站点经度、纬度、海拔高度等地理信息的数学模型^[15],将宁夏海原县气候资源数据推算到空间分辨率为250 m的面上数据,即: $Y=f(\lambda,\varphi,h)+\varepsilon$

式中,Y为气候因子(7月平均气温、7月降水量、8月最高气温);λ、φ、h分别代表经度、纬度、海拔高度地理因子,ε为残差,消除小地形影响,因海原县地理范围小,可忽略不计。文中所用的气候资源关系模型见表3。

由各气象站的经度、纬度和海拔高度作为基本图层,运用GIS栅格图层计算功能,分别得到单

气候指标因子分布图层(图3)。图3中较为明亮的区域为高值区,暗色的区域为低值区,由图3b可看出,海原县降水分布不均,相对来说南部偏多,西南部靠近中心一带是降水高值分布区;由图3a、图3c可看出,7月平均气温和8月最高气温的高值区分布在北部地区,南部地区相对冷凉。说明海原南部地区即可满足马铃薯的热量需求,又避免了马铃薯受高温危害造成减产,因此,可以判断南部地区适宜马铃薯种植。而北部地区气温较高、降水较少,马铃薯种植受干旱影响的可能性较高,是马铃薯种植的高风险区域。

1.4 区划原则

采用集优法,即认为各气象因子对区划同等重要,无主次之分。利用GIS技术,依据影响马铃薯

表3 气候因子小网格推算模型
Table 3 Climatic factors gridding calculation model

气候资源因子 Climate resources factor	模型 Model	决定系数R ² Coefficient of determination
7月平均气温(℃) Average temperature in July	$Y=-294.331+0.920\lambda+6.063\varphi-0.002h$	0.793
7月降水量(mm) Precipitation in July	$Y=-26\,692.924+173.934\lambda+217.547\varphi+0.262h$	0.753
8月最高气温(℃) Highest temperature in August	$Y=-38.335-0.194\lambda+2.620\varphi-0.006h$	0.922

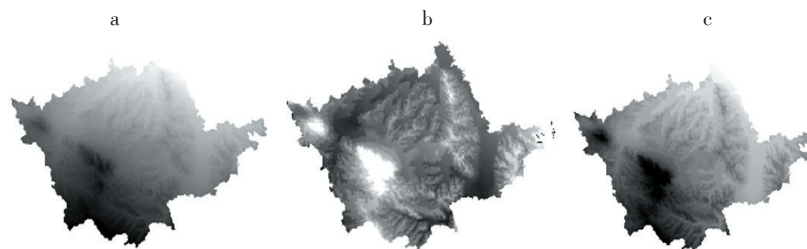


图3 海原县7月平均气温(a)、降水量(b)和8月最高气温(c)推算结果

Figure 3 Gridding calculation results of average temperature(a), precipitation in July(b) and highest temperature in August(c) in Haiyuan County

产量的每个显著性气象因子的指标分别进行区划, 对各项气象因子的区划结果进行叠加, 完成海原县马铃薯气候适宜性区划。分区原则为: 满足3个气象指标均为适宜或2个指标为适宜, 1个为次适宜的区域, 划分为极适宜区; 满足1个指标为适宜, 2个为次适宜的区域, 或3个指标均为次适宜的区域, 划分为较适宜区; 依据短板原理, 表1中任何一个气象因子指标划分为不适宜的区域定为不适宜区。

2 结果与分析

根据上述分析对宁夏海原县马铃薯气候适宜性划分成3个区(图4), 分别为极适宜区、较适宜区和不宜区。其中, 南部半阴湿区, 该区包括海原县关

庄、红羊、曹洼、九彩、李俊、树台和贾塘、郑旗的偏南地区, 为月亮山和南华山两大山系所形成的黄土高原丘陵沟壑区, 土质以黑垆土为主, 土层深厚, 土质疏松。这一地区气候凉爽, 降水适中, 7月平均气温为15~19℃, 8月最高气温平均为21~23℃, 7月降水量超过65 mm, 气象条件有利于马铃薯产量形成, 平均年鲜薯产量可达22 500 kg/hm², 为宁夏马铃薯优质高产区。

海原县中部大部分地区, 包括海城镇、史店北部、曹洼、郑旗大部, 西安镇、关桥、甘城乡和双河南部。该地区地貌复杂, 一般为梁峁残塬地带, 其间丘陵起伏, 沟壑纵横交错, 土质为黑垆土、灰钙土及黄绵土、灰褐土(山地)等。该地区7月平均

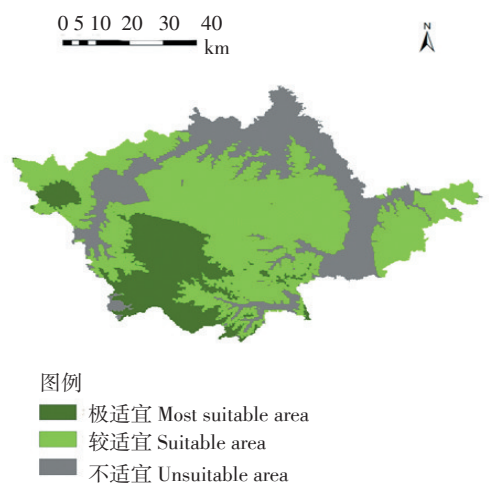


图4 海原县马铃薯气候适宜性区划

Figure 4 Haiyuan County potato climate suitability regionalization

气温为20~23℃, 8月最高气温为24~28℃, 7月降水量在45~65 mm, 气候冷凉, 降水一般, 河谷川地较多, 在这些地区产量水平一般, 平均年鲜薯产量在15 000 kg/hm², 不能盲目扩大马铃薯种植面积, 是马铃薯发展的较适宜区。

海原县北部, 高崖乡大部、关桥、双河北部、七营镇、三河镇和李旺镇。气候属北温带大陆性季风气候。该地区7月平均气温≥23℃, 8月最高气温≥28℃, 7月降水量≤45 mm, 常年干旱少雨, 风大沙多, 水土流失严重, 各种灾害频繁, 产量低而不稳, 是海原县发展马铃薯产业的不适宜区。

3 讨 论

分区结果表明, 马铃薯适宜种植区在海原县南部的南华山、月亮山及其山间谷地, 该地区海拔较高, 7月气温较低, 降水较多, 8月最高气温较低, 适合马铃薯生长。较适宜区分布在海原中部地区; 海原北部、东部的环形谷地海拔相对较低, 7月气温较高, 降水偏少, 8月气温较高, 不利于马铃薯的生长。分区结果反映了各地气候的差异, 用各地的气候条件能够很好地解释这种分布差异。不同区域的实地农情调查表明, 各地马铃薯产量与区划的结果相符。

区划气象因子的选取和区划指标的确定, 参考了该区域其他县马铃薯区划指标及内蒙古、青海的相关成果, 虽然各地自动气象站的历史观测记录仅有7年, 还不能代表各地30年平均气候状况, 但区划的适宜区、次适宜区与王连喜等^[4]用30年气候整编资料进行的宁夏全区马铃薯适宜气候区划在适宜区、次适宜区的划分结果一致, 而本文将海原县北部的环形谷地划分为不适宜区, 与王连喜等^[4]划分为可种植区的表述有一定出入, 系王连喜等^[4]把马铃薯适宜区划分为4类, 而本文分为3类所致, 其分类实质相同。

采用多点自动气象站资料, 使基于GIS的县级精细化区划成为可能, 反映的区划类型和位置更加详细, 对指导县级种植业调整, 趋利避害具有很大的参考意义, 具有可操作性。各地根据此区划进行

调整, 尽量把马铃薯种植在中南部海拔相对较高的地区, 可以减轻7、8月高温、干旱对马铃薯块茎形成和膨大的不利影响, 提高单株结薯率和产量, 尽量避免在河谷地区种植马铃薯, 可提高全县的马铃薯产量和种植比较效益。

[参 考 文 献]

- [1] 杨进波, 赵学菲. 宁夏中部干旱带农业结构调整与产业优化升级模式研究——以盐池县、同心县、海原县、红寺堡区为例[J]. 宁夏农林科技, 2014, 55(7): 35–36, 42.
- [2] 杨文平. 浅谈宁夏海原县坡耕地水土流失综合治理的发展[J]. 价值工程, 2014, 33(28): 109–110.
- [3] 胡玉荣, 王虹, 张刚. 宁夏南部山区马铃薯产业发展思路探讨[J]. 农业科技与信息, 2011(23): 9–10.
- [4] 王连喜, 朱赞赞, 李剑萍, 等. 宁夏马铃薯种植的气候分区和风险评估[J]. 中国农业气象, 2011, 32(1): 100–105.
- [5] 黑龙江省农业科学院马铃薯研究所. 中国马铃薯栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994: 21–26.
- [6] 宋玉芝, 金鑫, 马国飞, 等. 马铃薯茎叶生长对气象因子的敏感性分析[J]. 中国农业气象, 2011, 32(3): 394–398, 406.
- [7] 谢萍, 王连喜, 李剑萍, 等. 气象条件对宁夏马铃薯生长及品质的影响[J]. 广东农业科学, 2011, 38(19): 6–8, 12.
- [8] 孙芳, 林而达, 武艳娟. 宁夏气候变化及其对马铃薯生产的影响[J]. 中国农学通报, 2008, 24(4): 465–471.
- [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] 李剑萍, 杨侃, 曹宁, 等. 气候变化情景下宁夏马铃薯单产变化模拟[J]. 中国农业气象, 2009, 30(3): 407–412.
- [11] 朱赞赞, 王连喜, 李琪, 等. 气候因子对宁夏不同区域马铃薯气象产量的影响效应分析[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2011, 39(6): 89–95.
- [12] 马金虎, 李海洋, 王正海, 等. 宁夏干旱区马铃薯秋覆膜栽培适宜播种期研究[J]. 宁夏农林科技, 2011, 52(2): 13, 26.
- [13] 吴志岐, 李剑萍. 西吉县气候变化对马铃薯种植业影响研究[J]. 宁夏农林科技, 2013, 54(4): 108–110.
- [14] 唐红艳, 牛宝亮, 张福. 基于GIS技术的马铃薯种植气候区划[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(4): 158–162.
- [15] 苏占胜, 陈晓光, 黄峰, 等. 基于GIS的宁夏气候要素推算及农业气候资源分析[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(4): 242–249.