

马铃薯产量的风险评估及区划研究

白美兰

(内蒙古自治区气象局气候资料中心, 呼和浩特 010051)

侯琼

(内蒙古自治区气象局气象科学研究所, 呼和浩特 010051)

摘要 以马铃薯主产区乌兰察布盟地区为例,从 1961~2000 年马铃薯单产波动的相对值着手,以历年减产率指标、减产率变异系数指标、减产率概率指标和综合风险指数指标等为评估标准,结合小网格资源推算的方法,分析了乌兰察布盟地区马铃薯单产的风险分布规律。根据气候相似性原理,利用最优动态聚类方法,给出马铃薯种植的风险区划。同时对影响马铃薯产量波动的风险成因进行分析,指出春、夏季干旱及全年干旱、降水变率大是引起该地区马铃薯产量波动的主要因子。

关键词 马铃薯 风险评估 风险区划

引言

马铃薯原产于南美洲的秘鲁和玻利维亚的安第斯山区,属低纬度高山植物。长期引种适应的结果,形成马铃薯喜冷凉、短日照和温差大的生长习性。目前马铃薯已成为世界五大粮食作物之一。我国引种马铃薯已有 400 多年历史,种植面积超过 $3 \times 10^6 \text{ h m}^2$,仅次于苏联,居世界第二位,且主要种植区位于东北、华北及西北地区^[1]。内蒙古地区因海拔高、温差大、雨热同季、气候冷凉和传毒媒介少等特点,已成为我国主要的马铃薯种薯和商品薯生产基地。马铃薯产量的波动和风险的高低,不仅与土壤、环境、管理等有关,而且与当地气候条件、气象灾害的频发性等密切相关。乌兰察布盟位于内蒙古中部高原边缘,丘陵起伏,拔海高,日照长,气候冷凉,昼夜温差大,生产力水平低下,生态环境脆弱,是典型的雨养农业区,因此该地区马铃薯产量的波动主要取决于天气气候条件的优劣。由于该地区农业灾害发生频繁且灾害类型多种多样,致使马铃薯产量的

年际波动很大,且很难区分出马铃薯产量的减少是受哪一种灾害的影响;同时对同一种灾害来说,在作物生长的不同时期其影响是不同的。但作物生物量(本文指单产)可体现这些因素综合作用的结果,而相对波动产量则能较好地反映自然气候资源的状况。因此本文以马铃薯主产区乌兰察布盟地区为例,利用马铃薯相对波动产量的高低,用风险指标估算的方法,对马铃薯的种植风险进行量化,为制定马铃薯种植业计划、决策、规划以及防灾、减灾等提供科学依据。

1 马铃薯产量资料来源与分析处理

1.1 产量资料来源

乌兰察布盟地区 11 个旗、县、市马铃薯单产资料均来源于内蒙古自治区统计局,资料序列样本数除察右后旗 37 年(1964~2000 年),集宁 35 年(1966~2000 年)外,其余均为 40 年(1961~2000 年)。上述资料具有系统性和相对可靠性,个别时段缺 1~2 年,则采用前后 2 年平均值代替。

内蒙古气象局“马铃薯主要生产区气象服务”项目资助

收稿日期:2002 年 11 月 15 日;定稿日期:2003 年 1 月 20 日

作者简介:白美兰,女,高级工程师,主要从事气候应用监测评价工作

1.2 马铃薯单产资料处理

影响作物产量形成的各种自然和非自然因素可以按影响的性质和时间尺度划分为农业技术措施、气象条件和“噪声”三大类。相应地,如果将马铃薯单产时间序列视作一个波动函数,这个波由周期不同的谐波叠加而成,为研究方便,并考虑实际物理意义,可以将这个序列分解为 3 个周期不同的波动的合成^[2],即:

$$Y = Y_t + Y_w + E \quad (1)$$

式中: Y 为作物产量; Y_t 是反映历史时期生产力发展水平的长周期产量分量,称为趋势产量; Y_w 是受以气象要素为主的短周期变化因子影响的产量分量,称为气象产量或波动产量,以 1 年为周期; E 是受病虫害、社会等随机因素影响的产量分量,由于所占比例很小,实际计算不作考虑,即式(1)简化为:

$$Y = Y_t + Y_w \quad (2)$$

趋势产量的模拟采用直线滑动平均模拟,借鉴李世奎的方法,将滑动步长取为 11^[2]。

求得趋势产量后,则

$$Y_w = Y - Y_t \quad (3)$$

由于生产力水平的提高,粮食生产水平不断提高,气象产量也呈明显的前面波动小,后面波动大的非平稳时间序列,为了消除地区间生产水平和农业技术水平差异的影响,用波动产量除以趋势产量,得到相对波动产量 Y_r :

$$Y_r = Y_w / Y_t \quad (4)$$

Y_r 不受时间与空间影响,具有可比性与可分析性。

2 马铃薯产量风险指数指标

对马铃薯种植风险高低的评估,需要合适的风险评估指数。马铃薯种植风险指数主要包括风险指标和综合风险指数两部分。风险指标是从作物产量构成的不同方面,如减产率和变异系数等方面,来描述作物种植风险的大小。平均减产率反映的是一定条件下的相对于平年的平均损失百分率;而减产率变异系数则描述粮食生产波动的幅度。变异系数愈大,表示粮食生产稳定性愈差,风险程度愈高;综合风险指数是通过加权系数的调节,来反应各风险指标综合作用的结果。

2.1 减产率指标

减产率指标是指相对气象产量小于 0 的波动产

量,即主要受气候因子的影响而减产的比率。对于一相对波动产量序列 $\{Y_r\}$,定义 $Y_r < 0$ 的年份为歉年, $Y_r < -5\%$ 的年份为灾年。则可以分别定义历年平均减产率 d 、歉年平均减产率 d_q 、灾年平均减产率 d_z 为:

$$d = \sum Y_r / n \quad (5)$$

$$d_q = \sum Y_r / m \quad (6)$$

$$d_z = \sum Y_r / k \quad (7)$$

式中 n 为全部样本数, m 为歉年样本数, k 为灾年样本数。具体来说,灾年平均减产率是指严重灾情的多年平均减产率;歉年平均减产率是指全部有灾情年的多年平均减产率;历年平均减产率是指每年粮食生产平均减产率。

2.2 变异系数指标

变异系数 C_v 表示增产率的幅度和减产率的幅度偏离其平均值的程度,是标准差与平均值(\bar{x})之比,表示样本的波动程度,又称稳定系数。

$$C_v = \sigma / \bar{x} \quad (8)$$

其中:

$$\sigma = \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)} \quad (9)$$

当 $x = d$ 时,且 n 为总样本数时,得到历年减产变异系数 C_v ;当 $x = d_q$,且 $n = m$ 时,得到歉年变异系数 C_{vq} ;当 $x = d_z$,且 $n = k$ 时,得到灾年减产变异系数 C_{vz} 。

变异系数描述相对波动产量序列分散的程度,变异系数愈大,则粮食生产面临的风险愈大。灾年减产率变异系数是指严重减产年份减产的分布状况,变异系数愈大,说明严重灾年出现的次数多且损失严重;歉年减产率变异系数描述所有减产年份减产的幅度,变异系数大,说明严重减产的年份和轻微减产的年份多;历年减产率变异系数则指所有年份产量的分布状况,变异系数大,说明大丰收和大减产的年份多,该地粮食产量稳定性差。

2.3 减产率概率指标

减产率概率指标是指当相对波动产量小于 -10% 时风险概率的大小。其定义为:

$$F(-0.1) = \int_{-\infty}^{-0.1} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx \quad (10)$$

式中 σ 为样本均方差, a 为样本平均值。 $F(-0.1)$ 表示作物已经因遭受较大的自然灾害而减产,相对波

动产量小于 - 10 %出现的概率在一定程度上反映气候条件的优劣和自然灾害的严重性所造成的损失。

2.4 综合风险指数

综合风险指数指标是选择具有代表性的风险指标,通过加权平均法综合而成的反映综合风险程度的客观标准。本文选取历年平均减产率 d 、历年减产变异系数 C_v 、相对波动产量小于 - 10 %的权重系数加权平均得到综合风险指数 P 。

$$P = \frac{1}{2}[1.0 F(-0.1) + 0.5 d + 0.5 C_v] \quad (11)$$

3 马铃薯产量风险区划

农作物风险区划主要是遵循体现农业风险水平和灾情差异的原则,其目的在于把马铃薯生产的风险水平进行区域空间上的分类,以示风险程度的大小,为指导农业生产趋利避害、减灾和抗灾服务。并为开展农业保险事业进行分区、分类指导提供依据。

3.1 风险区划指标问题

按照上述马铃薯产量资料处理方法与风险指标估算方法,计算乌兰察布盟地区 11 个旗县市的马铃薯风险指标,计算结果见表 1。

表 1 乌兰察布盟地区马铃薯风险指数

	n	d	d_q	d_z	F	C_v	C_{vq}	C_{vz}	P
四子王旗	40	0.10	0.21	0.23	0.35	1.24	1.00	0.73	0.51
察右中旗	40	0.06	0.13	0.18	0.28	1.11	0.91	0.53	0.43
察右后旗	37	0.10	0.19	0.25	0.30	0.93	0.88	0.61	0.39
商都县	40	0.11	0.27	0.32	0.33	0.97	0.87	0.58	0.43
化德县	40	0.12	0.27	0.27	0.30	0.96	0.87	0.69	0.42
集宁市	35	0.10	0.21	0.29	0.26	0.91	0.86	0.54	0.36
卓资县	40	0.05	0.12	0.15	0.18	1.17	0.95	0.57	0.39
察右前旗	40	0.08	0.15	0.18	0.33	1.01	0.92	0.66	0.43
兴和县	40	0.08	0.16	0.21	0.30	0.90	0.83	0.57	0.38
丰镇市	40	0.05	0.09	0.14	0.18	0.94	0.90	0.55	0.34
凉城县	40	0.06	0.14	0.19	0.28	1.06	0.91	0.54	0.42

从表 1 中可以看出,历年减产率指数 d 的最小值(0.05)、减产率概率指数 F 的最小值(0.18)均位于卓资县、丰镇市;变异系数 C_v 最小值(0.90)位于兴和县;综合风险指数 P 的最小值(0.34)位于丰镇市,并且均处于乌兰察布盟前山地区。而变异系数 C_v 、减产率概率指数 F 、综合风险指数 P 最大的值

位于四子王旗,地处乌兰察布盟后山地区。

从减产率指标的大小来看,灾年平均减产率数值最高,歉年次之,历年最小;而变异系数则相反,灾年变异系数最小,歉年次之,历年最大。即历年减产率愈高,变异系数愈小。也就是说乌兰察布盟地区马铃薯生产总是平常年景居多,而大丰、大灾年景较少。通过表 1 中计算出的 8 个风险指数的比较,综合风险指数 P 的连片性最强,并有规律可循。综合风险指数较大者位于乌兰察布盟后山地区,属于马铃薯生产高风险灾害地区之一。

3.2 综合风险指数的小网格资源推算

为了考虑马铃薯生产中几种风险指标综合作用的情况,经分析使用了加权平均后的综合风险区划指标。但乌兰察布盟地区现有的 11 个站点分布离散,站点少。本文还考虑了乌兰察布盟周边地区的 10 个站点,并利用小网格插值推算的方法,进行综合区划指标的连续性的插值推算。其推算模型为:

$$P = 338.0194 - 0.006 H - 4.8342 \lambda + 6.2597 \varphi \quad (12)$$

式中 H 为海拔高度, λ 为经度, φ 为纬度, P 为综合风险指数。式(12)复相关系数 $R = 0.7579$,且通过可信度 0.05 的显著性检验。

从式(12)中可以看出, P 与 φ 成正比,说明纬度愈高,马铃薯生产的风险愈大; P 与 H 、 λ 成反比,海拔高、经度高的地区,马铃薯生产的综合风险小。

利用地理信息技术(GIS)的空间叠置运算能力,将乌兰察布盟的地形高程、经度和纬度栅格图层调入运算,得到乌兰察布盟地区综合风险指数 P 的连续性分布。

3.3 马铃薯产量的风险区划

根据气候相似性原理,利用动态聚类的方法进行区域划分^[2]。结合各样本的属性,用数学方法确定样本间的亲疏关系(相似性与差异性),利用自迭代动态聚类算法,根据经验或其他原则,将 N 个样本化为 K 类,使每一类样本在性质上接近,组成 M 维空间中 K 个初始“凝聚点”,以此为基础对样本进行调整,使分类最终符合某种最优原则。

根据表 2 中乌兰察布盟马铃薯单产综合风险指数区划等级指标,进行低、中、高值区的风险区划,其结果如图 1 所示。

表2 乌兰察布盟马铃薯单产综合风险指数区划等级

风险程度	综合风险区划等级	分布区域
低值区	$P < 0.40$	丰镇市、凉城县、察右前旗、卓资县、集宁市和化德、商都、察右中旗南部
中值区	$0.4 \leq P \leq 0.5$	四子王旗南部、察右中旗、商都、察右后旗北部部分
高值区	$P > 0.5$	四子王旗北部、化德、商都、察右后旗、察右中旗北部山区

图1 乌兰察布盟地区马铃薯综合风险指标区划分布
(灰色区:低值区,黑色区:中值区,白色区:高值区)

由图1可以看出,以综合风险指标划分的乌兰察布盟地区马铃薯风险的等级划分,具有明显的南低、北高的地域分布和连片分布特征。较高风险区主要位于四子王旗北部、化德、商都、察右后旗、察右中旗北部山区,尤其是在四子王旗北部形成了连续性分布;中值区位于四子王旗南部、察右中旗、商都、凉城县、察右前旗、卓资县、集宁市和化德、商都、察右中旗南部地区,是马铃薯生产相对稳定地区之一。

4 马铃薯产量的风险评估

地处内蒙古中部的乌兰察布盟地区,由于阴山山脉的余脉灰腾梁横亘于中间,致使乌兰察布盟地区山前、山后气候差异明显,位于阴山山脉南部为乌兰察布盟前山地区,北部为乌兰察布盟后山地区。前山和后山地理、地形、气候等的差异,造成马铃薯生产中风险概率分布的不均匀性,并且后山地区风险发生几率明显大于前山,前、后山地区气象灾害分布的不均匀性和气候条件的差异是其产生的主要原因。

4.1 前后山地区气象灾害分布的不均匀性

乌兰察布盟地区横跨3个纬度、5个经度,地形呈现南低北高的趋势,其气候环境前山明显优于后山。乌兰察布盟地区独特的地理条件,致使气象灾害的频发后山高于前山^[3]。

表3 乌兰察布盟地区前、后山地区各类灾害发生频率

	春季频率/%			夏季频率/%			全年季频率/%			初霜冻/天			终霜冻/天		
	轻旱	中旱	大旱	轻旱	中旱	大旱	轻旱	中旱	大旱	轻旱	中旱	大旱	轻旱	中旱	大旱
前山	66.7	38.5	10.3	53.8	30.8	20.5	71.9	51.3	20.5	61	21	18	64	25	11
后山	79.4	46.2	20.5	76.9	51.3	23.1	94.9	76.9	30.8	46	39	14	54	25	21
全年	69.2	41.0	12.8	74.4	41.0	20.5	90.0	66.7	20.5	51	29	15	58	25	15

注:前山地区主要包括丰镇、凉城、兴和、察右前旗、卓资和集宁6个站,后山地区主要包括四子王旗、察右中旗、察右后旗、商都和化德5个站,样本资料为1961~2000年,灾害标准见文献[4]

从表3看出,影响马铃薯产量波动的主要气象因子之一是干旱,无论是春季干旱、还是夏季干旱或全年干旱,也无论是轻旱、中旱、重旱,后山地区出现的几率明显高于前山地区,尤其是发生频率较高的轻旱、中旱,大约高20%左右。由于后山地区旱灾的频繁出现(如轻旱为10年9旱),使马铃薯产量波动性很大;而霜冻对马铃薯生产造成影响的主要是晚终霜冻和早的初霜冻。晚终霜冻可使马铃薯幼苗

受冻而引起减产,早的初霜冻可提早结束马铃薯的生长、成熟,影响其产量与品质。而多年资料的统计分析表明,这两种霜冻后山地区发生的频率大于前山地区,尤其是初霜冻早于前山地区18天。由此可见,后山地区干旱、霜冻灾害的频发高于前山,是气象灾害多发区之一。灾害的频繁出现,造成后山地区马铃薯产量波动性较大,风险出现频率较高。这与综合风险区划结果是一致的。

4.2 前、后山地区气候条件的差异性

由于乌兰察布盟地区独特的地理环境,形成前山气候条件明显优于后山。影响作物生长的主要气候因子是光、热、水,而乌兰察布盟地区深居内陆,海拔高,前、后山的光照条件完全能满足马铃薯的生长

发育,但水分、热量条件差异性很大,造成前、后山地区马铃薯产量的波动性和品质的差异性。

表4给出乌兰察布盟前、后山地区水分和热量条件的对比。

表4 乌兰察布盟前山、后山地区水分和热量条件对比

	水分条件/ mm				热量条件/ °C			
	年降水量	4~9月 降水量	年降水80% 保证率降水量	年降水变率/ %	年平均气温	7月平均 气温	4~9月 平均气温	年较差
前山地区	393.5	355.1	312.5	18	4.2	19.8	14.6	33.2
后山地区	331.1	296.3	249.8	24	2.7	15.0	13.3	34.0
全年	364.9	328.4	296.4	20	3.5	17.6	13.9	33.7

注:前、后山地区的分布与资料同表3

马铃薯全生育期需水量300~450 mm,而从表4中可以看出,后山地区在马铃薯生育期4~9月的降水量为296.3 mm,低于马铃薯生长发育需水量的下限值,显然降水量的不足是抑制后山地区马铃薯高产稳产的主要制约因子之一;而前山地区4~9月降水量为355.1 mm,已高于其下限值,年降水量80%保证率也高于300 mm,如降水分布均匀,完全可以满足马铃薯生长发育的需水要求。从年降水变率来看,后山地区比前山高6%,降水变率大,增加了后山地区干旱发生的几率,因而水分资源前山地区明显优于后山地区。但从热量资源来考虑,后山地区的气候条件更适合于马铃薯的生长。前山地区在马铃薯生长季4~9月和7月平均气温均高于后山地区1.3 °C和4.8 °C,但马铃薯是喜凉的作物,尤其是对最炎热的7月平均气温要求较严格(低于18.0 °C^[4])。后山地区7月平均气温为15.0 °C,非常有利于高品质马铃薯的生产。年较差后山地区高于前山地区0.8 °C,温差大,利于作物干物质的积累,因此针对马铃薯的生长习性,从热量方面来说,后山地区优于前山地区。综合考虑光、热、水,前山地区马铃薯产量高而稳定,后山地区马铃薯产量波动性大,但品质优良。如某年降水量多于常年值,且分布适宜,那么后山地区就会获得高品质、高产量的收成。

5 结语

(1)以典型的雨养农业区乌兰察布盟地区作为研究对象,利用风险评估指数,客观定量地计算了乌兰察布盟地区马铃薯生产过程中,减产率、变异系数和综合风险的大小,指出马铃薯产量波动性大、综合风险高的地区位于乌兰察布盟后山地区。

(2)利用小网格资源推算原理和GIS技术,进行了综合风险指标的插值推算,解决了无气象观测资料地区的综合风险指数的计算问题,实现了综合风险指标的空间连续性分布。

(3)利用动态优化聚类的方法,实现了综合风险的动态分析区划,马铃薯生产风险低值区位于乌兰察布盟前山地区,高值区位于乌兰察布盟后山地区。

(4)乌兰察布盟后山地区气象灾害发生频率高,降水变率大是该地区马铃薯产量波动性大的主要原因之一,但后山冷凉的气候又是形成高品质马铃薯的首选条件。

参考文献

- 程天庆. 马铃薯栽培技术(第二版). 北京:金盾出版社,1999. 1-2
- 李世奎. 中国农业灾害风险评价与对策. 北京:气象出版社,1999. 122-124,176-180
- 王文辉. 内蒙古气候. 北京:气象出版社,1990. 79-135
- 吴鸿宾. 内蒙古主要气象灾害分析. 北京:气象出版社,1990. 18-146

Risk Evaluation and Compartment Study of Potato Yields

Bai Meilan¹ Hou Qiong²

(1 Inner Mongolia Climate Data Center; 2 Inner Mongolia Meteorological Institute, Huhhot 010051, China)

Abstract: Taking Wulanchabumeng as an example, on the basis of the relative variation of per unit-area potato yields from 1961 to 2000, using such indexes as the yield reduction rate, the yield reduction rate variation coefficient, the yield reduction rate probability and synoptic risk as evaluation stands, the risk distribution regularity of per unit-area potato yields in Wulanchabumeng is analyzed by means of the small-grid resource deduction method. According to the climate similarity theory, using the optimal dynamic cluster method, the risk compartment of potato plating is given. At the same time, factors that affect the potato yields are also analyzed. Results show that droughts either in spring, summer or all the year round, as well as big precipitation variations, are main reasons that cause potato yield fluctuation in the area.

Key words: potato, risk evaluation, compartment