

剑川县马铃薯生长气候适应性分析

陶永英¹, 李燕春², 黎娜³, 万永斌²

(1. 云南省大理白族自治州气象局, 云南 大理 671000; 2. 云南省剑川县气象局, 云南 剑川 671300;
3. 重庆市酉阳县气象局, 重庆 酉阳 409800)

摘要: 利用剑川国家气象站 1991-2020 年气象观测资料和剑川农业农技站提供的马铃薯 2011-2020 年生育期观测资料, 采用气候适宜度计算方法, 分析马铃薯关键生育期气象因子适宜性。结果表明: 降水量是影响剑川马铃薯生长的关键因子, 马铃薯生长前期和后期水分需求少, 块茎膨大期水分需求多, 但是芽条期至幼苗期及块茎膨大期至成熟期降水偏少, 会影响生长发育和产量形成。在芽条期和块茎膨大期温度、日照对马铃薯生长不利, 其余生育期均比较适宜。

关键词: 马铃薯; 生育期; 气候适应性

中图分类号: S532 **文献标识码:** A **文章编号:** 0488-5368(2025)06-0092-08

Analysis of Potato Growth and Climate Adaptability in Jianchuan County

TAO Yongying¹, LI Yanchun², LI Na³, WAN Yongbin²

(1. Dali Bai Autonomous Prefecture Meteorological Bureau, Dali, Yunnan 671000, China; 2. Jianchuan County Meteorological Bureau, Jianchuan, Yunnan 671300, China; 3. Youyang County Meteorological Bureau, Youyang, Chongqing 409800, China)

Abstract: In order to study the comprehensive climate adaptability of each development stage of potato growth in Jianchuan County, meteorological observation data from the Jianchuan National Meteorological Station (1991 - 2020) and growth-period observation data from the Jianchuan Agricultural Technology Station (2011 - 2020) were used. The climate suitability method was used to analyze the meteorological factor suitability during the key growth stages. The results show that precipitation is the key factor affecting potato growth in Jianchuan. Water demand is low during the early and late stages of growth but high during the tuber expansion stage. However, precipitation is limited from the bud stage to the seedling stage and from the tuber expansion stage to maturity, which affects growth and yield formation. During the bud stage and tuber expansion stage, temperature and sunshine conditions are unfavorable for potato growth, while the remaining growth stages are suitable.

Key words: Potato; Growth period; Climate adaptability

马铃薯是世界五大粮食作物之一, 具有高产、稳产、广适、营养成分全、产业链长等优点。剑川县位于滇西北高原, 海拔高, 气温低。马铃薯种植多为春种马铃薯, 常年 3 月前播种, 10 月收获, 播种面积达 3 300 hm² 以上, 占全县农作物播种面积的 25%~30%, 平均产量 1 600 kg/667 m² 左右, 是继水稻、玉米之后的第三大作物。其主要种植区域分布在海拔 2 500~3 100 m 的山区及半山区, 生产的

马铃薯病虫害少、种性退化慢、口感好, 光照充足、降水适宜的生长环境有利于高产优质马铃薯的形成。剑川县于 2014 年被云南省科技厅认定为“云南省优质种业基地”, 是马铃薯适宜种植区。

马铃薯性喜冷凉, 不耐高温, 温度对马铃薯各个器官的生长发育有很大的影响, 在马铃薯生长期, 若发生“冻害”容易导致茎部受冻, 遇到持续性高温干旱, 会导致块茎变小或畸形, 产量降低, 品质

收稿日期: 2024-08-15 修回日期: 2024-11-20

基金项目: 大理州气象局洱海保护治理生态气象服务创新团队大理州气象局科研项目 (DK202404)。

第一作者简介: 陶永英 (1979-), 女, 副高级工程师, 主要从事气象服务与应用气象研究。

变劣。在生长发育过程中,马铃薯植株蒸腾作用强,需要供给一定的水分才能满足生长需求,对水分的需求是两头少、中间多。马铃薯是喜光作物,属长日照及中间型,茎叶生长需长日照,结薯需短日照。近年来,受气候变化的影响,气候资源分布不稳定且气象灾害频发,讨论气候变化背景下气候对马铃薯生产的影响已成为全球农业与气候研究中的一项重要课题。依据马铃薯各生育阶段气候适应性指标^[2],结合天气预测结果,开展有针对性的决策服务,建立合理、有效、科学的栽培管理措施,是防御农业气象灾害的关键。在农作物适应性指标的研究中,邓振镛等^[3]采用了数学统计和聚类分析方法,讨论气候因子数量变化情况下农作物的生长以及发展相关情况,用模糊数学的相关方法进行转换,实现了气候变化对于农作物生长适宜度影响的具体研究;何灵芬等^[4]采用比较分析与回归分析相结合的方法,分析了光温水等气候要素的时间分布特征,建立了气候适宜性指标模型。目前,采用适宜度计算方法来综合评估马铃薯生长气候适应性的研究尚不多见,本文考虑了温度、降水和日照时数等气象因子,采用适宜度模型和多项式模型对马铃薯生长气候适宜性进行分析。该研究分析了剑川县马铃薯生长的气候优势,为优化马铃薯种植方式以及制定精确管理措施提供决策依据,对促进马铃薯产业可持续发展具有重要意义。

1 资料与方法

1.1 研究区概况

剑川县位于滇西北高原,北纬 $26^{\circ}12' \sim 26^{\circ}47'$,东经 $99^{\circ}33' \sim 100^{\circ}33'$ 之间,属于低纬度高海拔大陆性季风气候,具有干湿季分明,降水季节分配不均,气温年较差小,日差较大,冬无严寒,夏无酷暑,雨热同季,干凉同时,春季有干旱、霜冻、倒春寒,秋季有低温冷害的气候特征。年平均气温 12.6°C ,历年极端最高气温 33.5°C ,极端最低气温 -10.7°C ;年平均降雨量 749.2 mm ,其中5~10月份降雨量 694.9 mm ,占全年降雨量的96.6%;全年日照时数 $2\,239.8\text{ h}$,占日照时数的51%;年平均蒸发量 $2\,182.9\text{ mm}$ 。主要气象灾害有霜冻、倒春寒、干旱、寒潮、低温冷害、暴雨、冰雹、大风、雷暴。

1.2 资料来源

采用剑川国家气象站1991-2020年共30年逐日平均气温、日照时数、降水量资料,以及采用剑川

农业农技站提供的马铃薯2011-2020生育期观测资料,将马铃薯生育期分为芽条生长期、幼苗期、块茎形成期、块茎膨大期和淀粉形成期,通过对资料进行均一化处理,形成多年平均生育期数据。

1.3 研究方法

根据云南省气象局气象科技成果转化(推广)项目《县级农业气象灾害监测、预警服务平台》作物适应性分析方法确定马铃薯气温、降水、日照适宜度指标;采用多项式模型分析马铃薯各生育阶段气温、降水、日照要素适宜性情况;基于剑川县9个六要素区域自动站的散点气象数据,运用GIS技术生成气温、降水、日照要素适宜度空间分布状况。气温适宜度计算公式为:

$$S(T) = \frac{(T - T_1) * (T_2 - T)^B}{(T_0 - T_1) * (T_2 - T_0)^B} \quad (1)$$

式中, $S(T)$ 为温度对马铃薯生长发育适宜程度; T 为某生育期内的平均温度($^{\circ}\text{C}$); T_1 、 T_2 、 T_0 分别为某生育期所需的最低温度、最高温度和适宜温度($^{\circ}\text{C}$)。当 $T=T_0$ 时, $S(T)=1$;当 $T>T_2$ 或者 $T<T_1$ 时, $S(T)=0$;当 $T_1<T<T_2$ 时, $S(T)$ 在0和1之间取值 $B=(T_2-T_0)/(T_0-T_1)$ 。系数。降水适宜度计算公式为:

$$S(R) = \begin{cases} \frac{R}{ET_0} & R < ET_0 \\ 1 & R \geq ET_0 \end{cases} \quad (2)$$

式中 $S(R)$ 为降水适宜度,在0和1之间取值; R 为自然降水量(mm); ET_0 为作物需水量(mm)。

2 结果分析

2.1 温度、降水、日照资料分析

2.1.1 温度 根据温度三区间理论^[5],影响作物生长发育的温度指标包括下限温度、适宜温度和上限温度,作物各生长发育阶段三基点温度各不相同,《剑川县马铃薯精细化气候区划和马铃薯低温干旱农业气象灾害风险区划》给出剑川县马铃薯三基点温度(表1)。指出了剑川马铃薯种植期生长最适宜的温度是 $10 \sim 15^{\circ}\text{C}$,最低温度为 $4 \sim 8^{\circ}\text{C}$ 。种薯通过休眠后在 4°C 以上即可萌发,块茎萌发及芽条生长的最适温度为 $10 \sim 15^{\circ}\text{C}$;茎叶生长的最低温度为 7°C ,最适温度为 $12 \sim 21^{\circ}\text{C}$, 0°C 以下的气温容易导致茎部受到冻害;块茎形成的最适温度为 $18 \sim 22^{\circ}\text{C}$,块茎膨大成熟的最适温度为 $15 \sim 19^{\circ}\text{C}$,高于 26°C 块茎变小或畸形, 29°C 以上块茎停

止发育,产量降低,品质变劣。

表 1 马铃薯三基点温度

生育期	下限温度 /℃	适宜温度 /℃	上限温度 /℃
出苗期	4	10~15	26
现蕾期	5	14~16	30
开花期	7	15~19	38
成熟期	8	15~19	29
收获期	8	12~15	25

剑川县三十年年平均气温为 12.6℃(表 2),

表 2 剑川县马铃薯生育期(5~9月)气温资料

(℃)

5月	6月	7月	8月	9月	年平均气温	6~7月	8~9月	5~9月
16.4	19.2	18.9	18.3	16.0	12.6	19.0	17.2	17.8

2.1.2 降水 马铃薯生育期间降雨量多少与分布情况直接影响马铃薯的产量和质量,降雨量充沛而又分布均匀,能促使其生长良好,因为块茎形成期是需水最多的时期,在块茎生长到成熟期间,月平均降水量保持在 ≥ 70 mm 比较适宜。所以马铃薯的早熟品种在地上部分从出芽期到开花末期,茎叶急速生长,块茎大量形成,需水量最大;而中熟品种自开花后直至茎叶停止生长前的整个阶段,都属

马铃薯生育期间的 5~9 月平均气温为 17.8℃,块茎膨大至成熟期的 6~8 月平均气温为 18.8℃,在此期间内的温度是马铃薯最适宜的生长温度。但从 8~9 月的月平均气温分析,其气温月较差为-2.3℃,说明 8~9 月的气温有明显的降低。故而为了保证马铃薯的产量、质量,要加强科学栽培,适时栽种,充分利用 5~8 月宝贵的“气温适宜期”这个有利天气条件进行栽培,同时需注意在 8~9 月的温度变化较大,需进一步关注马铃薯的生长程度并抓紧时间开展收获活动。

块茎膨大期,比早熟品种需水量更大。

剑川县马铃薯生育期正值雨季,近 30 年的 5~9 月平均总雨量为 620.2 mm(表 3),剑川县马铃薯生育期多数年份的雨量能满足要求。但剑川县在雨季初期(5~6 月)的日降雨量时空分布不均匀,且此时期是马铃薯地下块茎和地上茎叶快速发育的时期,故而在此时段内需要关注马铃薯生产是否存在干旱或过涝的风险。

表 3 剑川县马铃薯生育期(5~9月)雨量资料

(mm)

5月	6月	7月	8月	9月	年平均合计降雨量	6~7月	8~9月	5~9月
54.6	112.5	183.9	154.5	114.7	749.2	296.4	269.2	620.2

2.1.3 日照 马铃薯是喜光作物,要生产优质马铃薯,晴朗、多日照是必要条件。在生育期间,光照强度不足或栽植过密,会使茎叶徒长,块茎形成延迟,抗病能力降低。而马铃薯生长期如果光照不足,组织内部的细胞分裂慢,细胞间隙大,机械组织发育差,块茎膨大慢,品质下降。

日照长短直接影响植株生长和块茎的形成,长日照可促进茎叶生长和现蕾开花,短日照有利于块茎形成,在每天 7~11 h 日照下,茎叶发达,光合作用旺盛,块茎的产量也高。故而一般认为有利于马铃薯块茎膨大的累计日照时数至少需达 500 h,才能生产出品质好的马铃薯。

剑川县马铃薯种植区的海拔多在 1 900~2 300 m 之间,日照的短波辐射较强,能使马铃薯健壮生长,促进块茎膨大。但其块茎膨大时正值雨季,时晴时雨,日照时遮时射,易形成间接性的日照条件,只要日照时数足够,就有利于马铃薯促进生长和提高品质。

剑川县三十年的日照时数年平均合计值为 2 239.8 h(表 4),马铃薯生育期间的 5~9 月累计平均日照时数为 707.0 h,块茎膨大至成熟的 6~8 月平均月日照时数为 128.3 h。通过分析,剑川县马铃薯主产区常年光照条件能满足生产优质马铃薯的需求,少雨年份光照充足,多雨年份光照条件稍差。

表 4 剑川县马铃薯生育期(5~9月)日照资料

(h)

5月	6月	7月	8月	9月	年平均合计日照时数	6~7月	8~9月	5~9月
198.5	144.7	112.7	127.6	123.5	2 239.8	257.4	251.1	707.0

农作物对日照和降水的需求也不相同。采用农作物生育期内气温、积温、日照要素差异值与标准方差的比值,即气候适宜度指标,用来评价农作物生育期气温、积温、日照气候是否适宜。通过计算马铃薯生长各个生育期气温、积温、降水量和日照适宜度,结合农业年度马铃薯的长势情况,确定马铃薯各个生育期和全生育期气候适宜度等级

划分。

2.2 马铃薯生长发育期与气候适宜度

2.2.1 马铃薯生育期 剑川县马铃薯种植多为春种马铃薯,当气温稳定通过 8~10℃时,及时播种,当年 9 月中旬开始收获。剑川县马铃薯生育期时间见表 5。

表 5 剑川县马铃薯生育期时间

发育期	休眠期	芽条生长期	幼苗期	块茎形成期	块茎膨大期	淀粉形成期
时间	3月中旬	4月上旬	5月中旬	7月上旬	8月上旬	9月上旬

2.2.2 气温 温度是马铃薯生长发育主导因子之一,生育期内适宜温度为 12~21℃。种薯通过休眠后在 4℃以上即可萌发,块茎萌发及芽条生长的最适温度为 10~15℃;茎叶生长的最低温度为 7℃,最适温度为 12~21℃,0℃以下的气温容易导致茎部受到冻害;块茎形成的最适温度为 18~22℃,块茎膨大成熟的最适温度为 15~19℃,高于 26℃块茎变小或畸形,29℃以上块茎停止发育,产量降低,品质变劣。

马铃薯种植主要为春种马铃薯,3月前播种,9月收获。马铃薯生长期旬平均气温表明,芽条生长期至块茎形成初期气温呈逐步上升趋势;块茎形成期稳定在 19.5℃以内,而后呈下降的趋势,能满足马铃薯喜冷凉、不耐高温对温度要求(图 1)。

马铃薯各生育期间温度适宜度表明,马铃薯气温适宜度总体表现为适宜,仅在 2 月下旬至 3 月下

旬马铃薯芽条生长期初期气温为不适宜,导致马铃薯芽条生长期相对较长,播种后 40~50 d 出苗;6 月下旬至 7 月上旬块茎形成后期气温较高,适宜度为 1.0,对马铃薯块茎形成有一定的抑制作用,但总体影响不明显(表 6)。

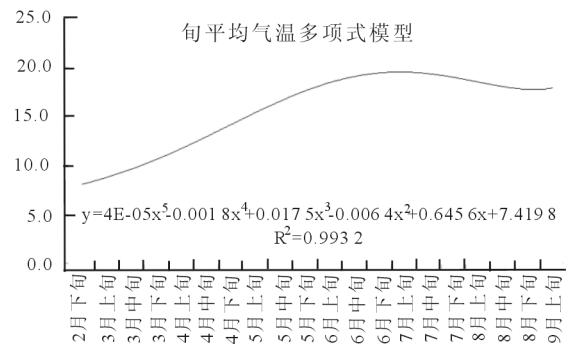


图 1 马铃薯生长期旬平均气温变化

表 6 马铃薯各生育期温度及适宜度

生育期	时间	温度/℃	标准差	适宜度	等级
芽条生长期	2月下旬	8.0	3.94	-1.9	不适宜
	3月上旬	8.7	3.94	-1.8	不适宜
	3月中旬	9.9	3.94	-1.4	较低
	3月下旬	10.8	3.94	-1.2	较低
	4月上旬	11.8	3.94	-1.0	适宜
幼苗期	4月中旬	12.8	3.94	-0.7	适宜
	4月下旬	13.7	3.94	-0.5	适宜
	5月上旬	15.1	3.94	-0.1	适宜
	5月中旬	16.3	3.94	0.2	适宜

续表 6 马铃薯各生育期温度及适宜度

生育期	时间	温度/℃	标准差	适宜度	等级
块茎形成期	5月下旬	18.3	3.94	0.7	适宜
	6月上旬	18.8	3.94	0.8	适宜
	6月中旬	19.3	3.94	0.9	适宜
	6月下旬	19.5	3.94	1.0	较高
	7月上旬	19.4	3.94	1.0	较高
块茎膨大期	7月中旬	18.8	3.94	0.8	适宜
	7月下旬	18.6	3.94	0.8	适宜
	8月上旬	18.7	3.94	0.8	适宜
淀粉形成期	8月中旬	18.4	3.94	0.7	适宜
	8月下旬	18.1	3.94	0.6	适宜
	9月上旬	17.6	3.94	0.5	适宜

温度在马铃薯全生育期地理区域分布上与境内地形走势密切相关,适宜区主要分布在弥沙乡、马登镇、老君山镇地势相对较低区域一带,呈南北向展布,以及位于石宝山、明岭山、猪狗山山脉以西的羊岑乡和沙溪镇境内,温度在西部干巴山、雪邦山、白龙潭山脉、北面接玉龙纳西族自治县的老君山以及东部东甸青岩山区域偏低,在金华镇、沙溪镇坝子区域气温较高。

2.2.3 降水 马铃薯对水分的需求为两头少、中间多,6~7月马铃薯最适宜平均降雨量为 85~200 mm,若整个发育期内总降雨量低于 30 mm 会造成马铃薯植株矮小、产量降低。整个生育期土壤相对湿度以 60%~80% 为最适宜,花蕾形成到开花前,要求土壤湿度保持 60% 即可;开花期和块茎膨大期,要求水分充足,土壤相对湿度保持 80% 为宜;结薯后期则以土壤相对湿度 60% 为宜,超过 80% 对植株生长不利,尤其是后期土壤水分过多或积水超过 24 h,块茎易腐烂。

从马铃薯全生育期旬平均降水量多项式模型可以看出,马铃薯全生育期降水量呈前少后多,6~7月平均降水量为 150 mm 左右,在芽条生长期至幼苗期降水量偏少;块茎形成期至膨大期降水量呈快速增加趋势;块茎膨大后期至淀粉形成期降水量呈缓慢下降(图 2)。马铃薯整个生长发育过程中降水量能满足对水分的需求。

分析马铃薯各生育期间降水适宜度表明,苗期前期降水量表现为不适宜(少)马铃薯生长需求,

苗期后期总体表现为适宜。2~4月干季,季节性干旱少雨突出,但此时段,马铃薯芽条生长期和幼苗期对降水的需求不高,60%左右的土壤相对湿度能够满足马铃薯生长;6月中旬-9月上旬块茎形成-淀粉形成期是主汛期,降水相对较多,土壤水分充足,满足马铃薯生长发育过程中水分两头少、中间多的需求(表 7)。

马铃薯全生育期降水量适宜度在区域分布上表现为:西多东少,高山多平坝少的特点,在县境内西南部象图乡、弥沙乡、马登镇西南部以及北接玉龙纳西族自治县的老君山、东部东甸青岩山少部分区域降水适宜到偏多,金华镇和甸南镇北部平坝区域降水少,为不适宜,其余地区降水为适宜到偏少。

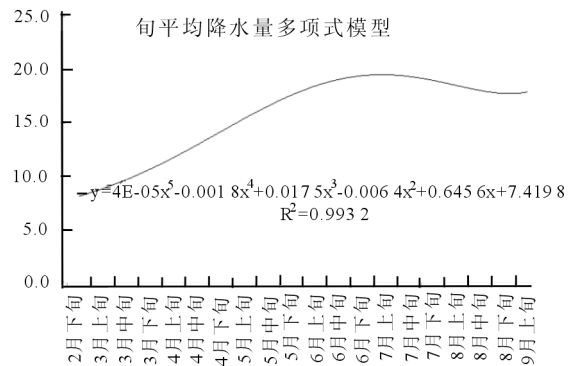


图 2 马铃薯全生育期旬平均降水量变化趋势图

2.2.4 日照 马铃薯是喜光作物,属长日照及中间型,茎叶生长需长日照,结薯需短日照,各生长发育期对光照的要求不同:幼苗期短日照,强光和适

宜的高温有利于长根、壮苗;茎叶生长期长日照,强光和适当高温,有利于建立强大的光合系统及形成优质丰产的群体结构;块茎形成及膨大成熟期短日照,强光及较大的昼夜温差,有利于光合产物向块

茎输送,促使块茎高产、优质。马铃薯整个生育期需要日照 400~500 h,日照时数越长,其干物质累积越多,但若日照时数越短,则干物质越少。

表 7 马铃薯各生育期降水适宜度计算

生育期	时间	R/mm	\bar{R} /mm	适宜度/%	等级
芽条生长期	2月下旬	2.4	4.6	-47.8	不适宜(少)
	3月上旬	4.8	4.6	4.3	适宜
	3月中旬	3.2	4.6	-30.4	不适宜(少)
	3月下旬	7.9	4.6	71.7	不适宜(多)
	4月上旬	4.6	4.6	0.0	适宜
幼苗期	4月中旬	7.0	10.0	-30.0	不适宜(少)
	4月下旬	7.0	10.0	-30.0	不适宜(少)
	5月上旬	7.8	10.0	-22.0	较适宜偏少
	5月中旬	18.1	10.0	81.0	不适宜(多)
块茎形成期	5月下旬	22.3	35.5	-37.2	不适宜(少)
	6月上旬	29.1	35.5	-18.0	较适宜偏少
	6月中旬	36.9	35.5	3.9	适宜
	6月下旬	40.5	35.5	14.1	适宜
	7月上旬	48.5	35.5	36.6	不适宜(多)
块茎膨大期	7月中旬	59.9	62.8	-4.6	适宜
	7月下旬	71.6	62.8	14.0	适宜
	8月上旬	56.8	62.8	-9.6	适宜
淀粉形成期	8月中旬	50.3	49.7	1.2	适宜
	8月下旬	54.0	49.7	8.7	适宜
	9月上旬	44.7	49.7	-10.1	适宜

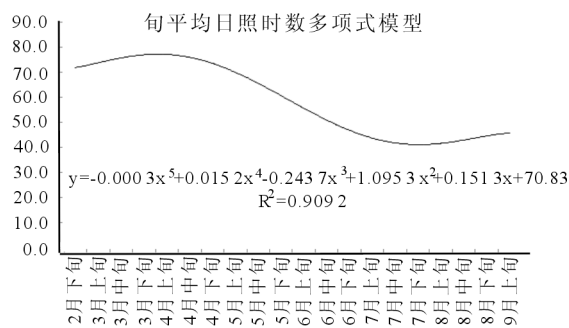


图 3 马铃薯全生育期日照时数变化趋势图

马铃薯全生育期旬平均日照时数达 1 176.5 h,光照条件充足,日照时数总体变化表现为:前多后少。在块茎形成之前各旬平均日照时数保持在 67.0 h 以上,日照条件适宜茎叶生长,有利于形成

优质丰产的群体结构;在块茎形成期日照时数逐渐下降,符合马铃薯块茎形成及膨大成熟期需求,对促进马铃薯茎块高产优质有利(图 3)。

马铃薯各生育期间日照适宜度表现为总体适宜,仅在芽条生长初期和块茎形成末期日照适宜度不适宜(少),但是对芽条生长总体影响不明显;在幼苗形成初期和块茎形成初期日照不适宜(多);块茎形成末期,日照偏少,但对产量形成不会造成明显影响;日照适宜度对马铃薯生殖生长总体影响不大(表 8)。

2.3 马铃薯各生育期适宜气候指标确定

综合上述研究结果,采用气候评价指标标准来计算马铃薯适宜气候指标,气温、降水、日照时数与多年平均值比较,属于正常范围内的气候指标值确定为马铃薯适宜气候指标值,通过计算马铃薯各生

育期温度、降水、日照适宜气候指标见(表 9)。

表 8 各生育期日照适宜度

生育期	时间	S(h)	标准差	适宜度	等级
芽条生长期	2月下旬	67.6	15.19	-1.4	不适宜(少)
	3月上旬	78.5	15.19	0.6	适宜
	3月中旬	80.2	15.19	0.9	适宜
	3月下旬	78.8	15.19	0.6	适宜
	4月上旬	71.8	15.19	-0.7	适宜
幼苗期	4月中旬	72.6	15.19	1.3	不适宜(多)
	4月下旬	67.6	15.19	-0.6	适宜
	5月上旬	69.7	15.19	0.2	适宜
	5月中旬	67.0	15.19	-0.9	适宜
块茎形成期	5月下旬	72.5	15.19	1.5	不适宜(多)
	6月上旬	58.4	15.19	0.4	适宜
	6月中旬	50.0	15.19	-0.2	适宜
	6月下旬	44.7	15.19	-0.6	适宜
	7月上旬	38.5	15.19	-1.1	不适宜(少)
块茎膨大期	7月中旬	35.7	15.19	-1.0	适宜
	7月下旬	42.4	15.19	0.1	适宜
	8月上旬	47.5	15.19	0.9	适宜
淀粉形成期	8月中旬	43.6	15.19	0.7	适宜
	8月下旬	45.4	15.19	1.2	不适宜(多)
	9月上旬	44.0	15.19	-0.3	适宜

表 9 马铃薯各生育期温度、降水、日照适宜气候指标

生育期	芽条生长期	幼苗期	块茎形成期	块茎膨大期	淀粉形成期
时间	2月下旬~ 4月上旬	4月中旬~ 5月中旬	5月下旬~ 7月上旬	7月中旬~ 8月上旬	8月中旬~ 9月上旬
温度适宜度/℃	7.8~11.8	11.6~17.4	15.3~22.9	15.0~22.4	14.4~21.6
降水适宜度/mm	3.7~5.5	8.0~12.0	28.4~42.6	50.3~85.3	39.9~59.9
日照适宜度/h	50.6~91.2	55.4~83.0	42.2~63.4	33.5~50.3	35.5~53.1

3 结论与讨论

(1) 温度、降水、日照等气象条件对作物的生长发育速度和产量形成有显著影响^[6]。本研究在考虑温度、降水、日照单因子对马铃薯各生育阶段生长发育影响的基础上,基于气候适宜度方法,确立了马铃薯在各发育阶段温度、降水、日照因子的适宜度指标,分析了温度、降水的区域分布特征,根据数值天气预报产品对本地温度、降水等气象要素预测值,实现马铃薯发育期气候适宜性预报,为马铃薯农业气象服务提供科技支撑。相对于比较分

析、回归分析、数学统计和聚类分析等方法,讨论气候因子数量变化情况下农作物的生长,本方法计算过程相对客观,成果应用简单明了。

(2) 气温、降水和日照时数在马铃薯整个生育期总体上是满足马铃薯高产优质生长需求的。仅在芽条生长初期(2月下旬)气温、降水、日照时数为不适宜,由此可见,马铃薯适宜播种期调整为3月上旬开始。

(3) 马铃薯气温适宜度在2月下旬-3月下旬马铃薯芽条生长期初期为不适宜,导致马铃薯芽条生长期相对较长,播种后40~50 d才能出苗;6月

下旬至7月上旬块茎形成后期气温较适宜,其值为1.0,对马铃薯块茎形成有一定的抑制作用,但总体影响不明显。

(4) 马铃薯降水适宜度表现为苗期前期不适宜(少),后期总体为适宜。6月中旬至9月上旬块茎形成到淀粉形成期是主汛期,降水相对较多,满足马铃薯生长发育对水分需求。

(5) 马铃薯日照适宜度表现为总体适宜,仅在芽条生长初期和块茎形成末期日照适宜度不适宜(少),对芽条生长总体影响不明显。

(6) 马铃薯生育期时间长短、长势、作物品质以及产量等与气象要素光照、温度、降水综合影响关系十分密切,且受作物的种植方式、田间管理、土壤性质影响较大,加之受地形复杂、气候类型多样、数据等因素制约,影响气温、降水适宜度区域分布的模拟精度,同时,光照、温度、降水综合影响分析有待进一步完善。

(7) 根据数值天气预报产品,以光、温、水等气象要素预测值以及马铃薯所处生育期对应的气候适宜性指标值,预测马铃薯下一阶段生长发育气候适应性,当预计某要素不适宜马铃薯生长时,可提前采取相应预防措施,实现马铃薯的优产高产。

参 考 文 献:

- [1] 林叶春,胡跃高,曾昭海. 不同节水措施对马铃薯生长及水分利用的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(1): 54-60.
- [2] 张志良,和志豪,茹晓雅,等. 未来气候变化对中国马铃薯种植气候适宜性的影响[J]. 中国农业科学, 2023, 56(18): 3 530-3 542.
- [3] 姚岭柏,韩海霞,梁婷,等. 不同品种马铃薯生长及光合指标对干旱胁迫的反应[J]. 东北农业科学, 2024, 49(2): 55-58.
- [4] 陈帆,豆琴琴,王娟,等. 陇东夏播马铃薯气候适宜性评析[J]. 中南农业科技, 2024, 45(5): 102-105.
- [5] 王春玲,李宏宇,曾剑,等. 黄土高原半干旱区马铃薯气候适宜度模拟及其时空变化特征[J]. 干旱气象, 2017, 35(5): 751-760.
- [6] 郭守生,韩辉福,贺连炳,等. 气象条件对青海高原东北部马铃薯气象产量的影响[J]. 贵州农业科学, 2018, 46(10): 49-51.
- [7] 赵年武,郭连云,赵恒和. 高寒半干旱地区马铃薯生育期气候因子变化规律及其影响[J]. 干旱气象, 2015, 33(6): 1 024-1 030.
- [8] 罗孳孳,陈东东,王茹琳,等. 利用最大熵和 CAR-AH 模型评估重庆春马铃薯晚疫病气候风险[J]. 中国农业气象, 2024, 45(9): 984-997.
- [9] 陈勇梅. 气象灾害对马铃薯种植的影响[J]. 种子科技, 2018, 36(9): 31.
- [10] 邓振镛,张强,徐金芳,等. 全球气候变暖对甘肃农作物生长影响的研究进展[J]. 地球科学进展, 2008, 23(10): 1 070-1 078.
- [11] 何灵芬,吴昊,曾小林. 江西北部夏播棉集中机采技术气候适宜性分析[J]. 棉花科学, 2018, 40(4): 46-49.
- [12] 魏星,王品,张朝,等. 温度三区间理论评价气候变化对作物产量影响[J]. 自然资源学报, 2015, 30(3): 470-479.
- [13] 齐月,赵鸿,雷俊,等. 黄土高原半干旱区马铃薯产量对气候变化的响应[J]. 干旱地区农业研究, 2023, 41(1): 193-200+220.
- [14] 孙曾辉,姜丽丽,王海泽. 光周期对马铃薯匍匐茎和块茎形成的影响[C]. 马铃薯产业与大食物观. 2024.
- [15] 王彦平,候琼,宋卫士,等. 气候适宜度在内蒙古东北部马铃薯发育期预报中的应用[J]. 中国农学通报, 2015, 31(3): 216-220.
- [16] 赵学东,赵凯迪. 气象环境对农作物生长的影响及气象灾害防御对策[J]. 现代农业科技, 2018(23): 55+57.
- [17] 周平,唐天向,何霞红,等. 云南马铃薯冬作区气候条件分析[J]. 中国马铃薯, 2018, 32(1): 6-12.
- [33] 王宗明,梁银丽. 应用 EPIC 模型计算黄土塬区作物生产潜力的初步尝试[J]. 自然资源学报, 2000, 17(4): 481-487.
- [34] Fleisher DH, Timlin DJ, Reddy VR. Temperature influence on potato leaf and branch distribution and on canopy photosynthetic rate [J]. Agron J, 2006, 98(6): 1 442-1 452.
- [35] 姚玉璧,王润元,邓振镛,等. 黄土高原半干旱区气候变化及其对马铃薯生长发育的影响[J]. 应用生态学报. 2010, 21(2): 379-385.
- [36] 贺付伟. 气候变化对中国不同区域马铃薯产量差的影响[J]. 湖北农业科学, 2022, 61(10): 28-32, 38.
- [37] 郑方,徐青,马力文,张学艺. 宁夏马铃薯产量形成的关键影响气象因素分析. 陕西农业科学, 2020, 66(11): 50-56.

(上接第 86 页)