

中图分类号: S532 文献标识码: B 文章编号: 1672-3635(2018)01-0006-07

栽培生理

云南马铃薯冬作区气候条件分析

周平¹, 唐天向¹, 何霞红², 郭华春^{1*}

(1. 云南农业大学农学与生物技术学院, 云南 昆明 650201; 2. 云南农业大学植物保护学院, 云南 昆明 650201)

摘要: 云南省地处低纬高原, 特殊的地理条件和气候条件, 为马铃薯提供了得天独厚的生长环境, 四季种植, 周年收获。冬作马铃薯面积和产量均接近全省马铃薯种植面积和产量的10%。该研究分析比较了不同马铃薯冬作区1981~2010年30年11~4月平均气温、降水量和相对湿度等气候要素在马铃薯生育期的时间变化规律, 并较详细地评述了这些气候特征对马铃薯生长的影响。结果表明, 发展冬季马铃薯在云南具有得天独厚的气候优势。

关键词: 马铃薯; 气候条件; 分析

Climatic Condition Analysis on Potato Winter Cropping Area of Yunnan Province

ZHOU Ping¹, TANG Tianxiang¹, HE Xiaohong², GUO Huachun^{1*}

(1. College of Agronomy and Biotechnology, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201, China;

2. College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201, China)

Abstract: Yunnan Province is located in the low latitude plateau, with special geographical and climatic conditions. It provides a unique growth environment for potato, which can be planted and harvested in four seasons. The area and yield of winter cropping potato are nearly 10% of the whole province. In this research, the time variation of meteorological indexes, such as average temperature, precipitation and relative humidity, from November to April in different winter potato cropping areas in the past 30 years (from 1981 to 2010) were compared. The advantages and disadvantages of these climatic characteristics on potato growth were reviewed in details. The results showed that Yunnan Province has climate advantages for the development of winter cropping potato.

Key Words: potato; climatic condition; analysis

云南省地处低纬高原, 北依亚欧大陆, 南临印度洋及太平洋, 受青藏高原的影响形成了复杂多样的自然地理环境。地势西北高南部低, 从梅里雪山主峰卡格博峰的6 740 m沿东南方向逐渐降低, 红河和南溪河交汇处海拔仅为76.4 m, 两地海拔相差6 663.6 m, 坡降0.8%为全国罕见, 加剧了全省范围

内因纬度因素而造成的温度差异, 加之雨季受东南和西南季风、干季受西方干暖气流影响, 高低纬度与高低海拔相匹配的特殊地理环境, 形成了云南独特的气候特征。在从南到北不足1 000 km的水平范围内, 具有北热带、南亚热带、中亚热带、北亚热带、暖温带、中温带和寒温带7种气候类型; 垂直

收稿日期: 2017-05-26

基金项目: 云南省重大科技专项(云财农[2013]364号)。

作者简介: 周平(1967-), 男, 教授, 主要从事气象学与气候学教学与研究。

*通信作者(Corresponding author): 郭华春, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事马铃薯栽培及生理研究, E-mail: ynghe@126.com。

方向上,表现出“一山分四季”的典型“立体气候”的特征,气温垂直梯度在 $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 左右。特殊的地理环境和气候条件,为马铃薯提供了得天独厚的生长环境,四季种植,周年收获。云南马铃薯常年播种面积 $65\text{万}\text{hm}^2$,产量 $1\,050\text{万}\text{t}$,面积和产量分别居中国第五位和第四位^[1]。2015年云南省全年种植马铃薯 $56.67\text{万}\text{hm}^2$ 左右,总产 $1\,189\text{万}\text{t}$ ^[2],其中冬作马铃薯种植面积占全省马铃薯种植面积的 8.6% ,占总产量的 8.8% ^[3]。本研究利用中国气象数据网资料,综合分析比较了不同马铃薯冬作区1981~2010年30年间月平均气温、月平均最低气温、气温日较差、月平均降水量和平均相对湿度5个气候要素在马铃薯生育期内的变化规律,分析云南发展冬季马铃薯的气候优势。

1 中国马铃薯区划

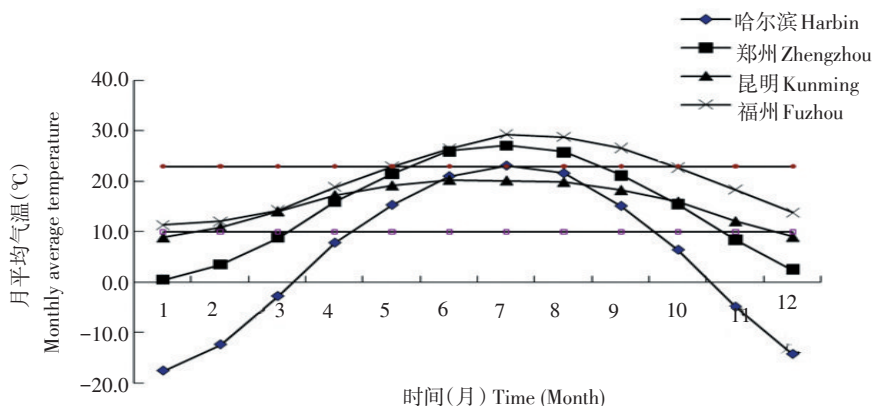
根据马铃薯栽培制度、栽培类型、品种类型及分布等,结合马铃薯的生物学特性,参照地理和气候条件,滕宗璠等^[4]将中国马铃薯划分为4个栽培区。即:北方一作区:无霜期在 $110\sim 170\text{d}$,年平均气温 $-4\sim 10^{\circ}\text{C}$,年降水量 $500\sim 1\,000\text{mm}$ 。春播秋收夏作类型,4、5月播种,9、10月收获。中原二作区:无霜期较长,在 $180\sim 300\text{d}$,年平均气温 $10\sim 18^{\circ}\text{C}$,年降水量 $500\sim 1\,750\text{mm}$ 。两季栽培,春季2月下旬至3月上旬播种,5月至6月中上旬收

获;秋季8月播种,11月收获。南方二作区:无霜期 $>300\text{d}$,年平均气温 $18\sim 24^{\circ}\text{C}$,年降水量 $1\,000\sim 3\,000\text{mm}$ 。利用水稻收获后的冬闲地块进行马铃薯栽培,一年两季,秋季10月下旬播种,12月末至1月初收获;冬季1月中旬播种,4月中上旬收获。西南单、双季混作区:多为高原、山地,地势复杂。高寒山区多为春种秋收;低地、河谷两季栽培。

如果以适宜马铃薯生长的温度 $10\sim 23^{\circ}\text{C}$ 为指标进行简单区划,与上述区划结果有很高的耦合度。如图1所示哈尔滨市只有在5~9月适宜马铃薯生长;郑州3~5月,9~11月温度条件满足要求;昆明除12月至次年1月外,其余10个月温度条件均能满足马铃薯生长;福州市每年5~10月月平均气温均高于 23°C ,不适于马铃薯生长,大多实行秋播或冬播,分别属于北方一作区、中原二作区、西南混作区和南方二作区。

2 云南省马铃薯区划

云南省得天独厚的生态环境和优越的气候条件使马铃薯周年生长成为可能,依据区域和季节分为3个生产区域:即大春一季作区(滇东北、滇西北高海拔生态区域)、春秋二季作区(滇中中海拔生态区域)和冬作区(滇南、滇东南、滇西南低海拔河谷生态区)^[5]。除此之外在除伊洛瓦底江外的其余五大水系河谷地带均有冬作马铃薯种植,只是面积相对较小(图2)。



气候资料来源于中国气象数据网(data.cma.cn)《中国地面气候标准值月值(1981~2010)》。下同。

Climatological data is derived from China meteorological data network (data.cma.cn)《Monthly standard value of surface climate in China (1981~2010)》. The same blow.

图1 中国马铃薯种植区月平均气温

Figure 1 Monthly average temperature of potato planting area of China

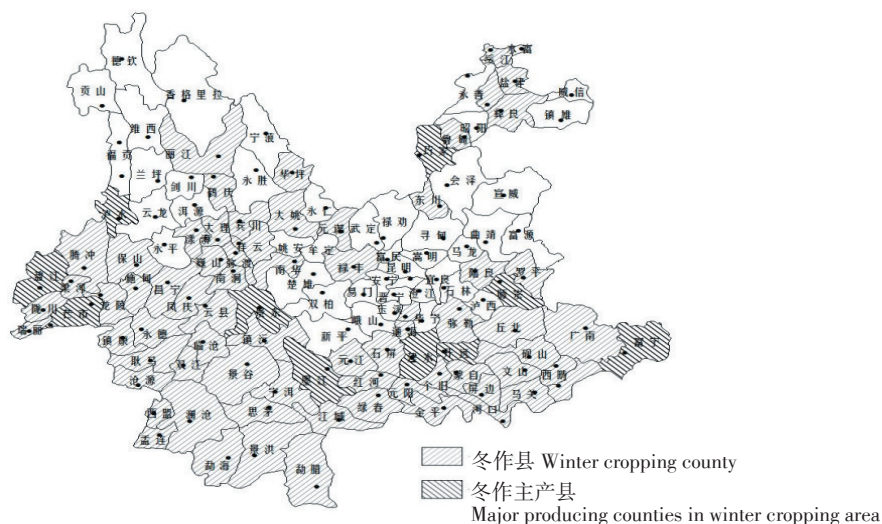


图2 云南省马铃薯冬作区

Figure 2 Potato winter cropping area of Yunnan Province

3 云南省马铃薯冬作区气候条件分析

云南省马铃薯冬作区多为少有霜冻的热带坝区和低海拔干热河谷区。除部分区域属北热带气候外, 多属南亚热带气候, 海拔 600~1 600 m, 冬、春两季少霜或无霜, 平均气温 10~21 ℃^[5], 光照充足, 降水少, 水分成为马铃薯生产的限制因子, 依赖灌溉。一般为水稻收获后冬闲田种植, 每年 11~12 月播种, 次年 2~4 月收获, 全生育期 120~130 d。

3.1 温度条件分析

马铃薯性喜温凉, 不同生育时期对温度的要求见表 1^[6]。

从表 2、表 3 可以看出, 云南马铃薯冬作区 11 月平均气温在 14.3~17.0 ℃, 有利于马铃薯块茎的发芽生根, 而南方冬作区温度在 18.4~19.8 ℃, 略高于上限温度 18.0 ℃; 12 月至次年 1 月, 月平均气温在 10.5~13.4 ℃, 适宜叶片生长, 增大了光合叶面积, 有利于壮苗形成, 马铃薯的产量与匍匐茎的生长和发育直接相关, 匍匐茎的发育越好, 产量越高。苗期的温度和降水直接影响后期产量, 较高的温度和降水有利于获得高产^[7]; 块茎膨大期

产量形成对气温变化十分敏感, 旬平均气温每升高 1 ℃, 马铃薯产量降低 1 000~2 000 kg/hm²^[8], 云南冬作区 3~4 月月平均气温 16.5~21.6 ℃, 接近于块茎形成膨大的最适温度 17.0~20.0 ℃, 而南方冬作区温度在 14.3~22.5 ℃, 较云南偏高, 不利于马铃薯块茎的膨大。1~4 月云南冬作区气温日较差在 12.0~19.6 ℃, 远远高于南方冬作区的 6.6~9.4 ℃, 是南方冬作区的 1.82~2.09 倍。气温日较差大, 是建立在高原地区夜间气温低的基础之上, 夜间呼吸消耗少, 净光合生产率高, 有利于干物质的积累, 虽然积温偏低, 但积温有效性高。在块茎膨大期, 较大的气温日较差、较高的温度和较少的降水量, 有利于同化产物向块茎转移和淀粉的积累, 从而提高马铃薯块茎的商品性。云南冬作区生育期平均气温最高仅仅为 21.6 ℃, 远低于块茎停止生长的 25.0 ℃, 有利于块茎形成膨大, 块茎膨大期高温使块茎膨大受阻, 薯块变形, 产量下降。

马铃薯性虽喜冷凉, 但早春偶有发生的倒春寒天气, 易使南方冬作区马铃薯遭受冻害, 如 2008 和 2010 年冬春的低温雨雪天气, 致使植株受冻死苗, 严重影响马铃薯产量。

表1 马铃薯生长发育三基点温度

Table 1 Three-basis-point temperature of potato growth and development

三基点温度(℃) Three-basis-point temperature			备注 Remark
下限温度 Lower limit temperature	≤0	低温对幼苗、成株和块茎均能造成不同程度的冻害	
种薯萌芽	13	5℃时芽生长极缓慢, 12~18℃时芽生长迅速健壮, 根量多	
最适温度 Optimum temperature	12~14	叶大量发生	
茎伸长	18	高温则引起徒长	
块茎形成膨大	17~20	超过21℃块茎生长受到抑制	
上限温度 Upper limit temperature	> 25	块茎基本停止生长	

表2 马铃薯冬作区月平均气温比较

Table 2 Comparison of monthly average temperature of potato winter cropping area

冬作区 Winter cropping area	纬度(N) Latitude	海拔(m) Altitude	月平均气温(℃) Monthly average temperature					
			11	12	1	2	3	4
广西南宁 Guangxi Nanning	22.82	73.7	19.0	14.7	12.9	14.5	17.6	22.5
广东惠东 Guangdong Huidong	22.93	27.5	19.8	15.5	14.0	15.5	18.3	22.4
福建福州 Fujian Fuzhou	26.08	85.4	18.4	13.8	11.4	12.1	14.3	18.9
西双版纳勐海 Xishuangbanna Menghai	21.92	1 177.3	16.1	12.9	12.9	14.7	18.0	20.9
临沧双江 Lincang Shuangjiang	23.47	1 042.6	16.9	13.4	13.1	15.5	19.0	21.6
红河石屏 Honghe Shiping	23.70	1 419.9	14.7	11.7	11.8	13.9	17.2	20.1
德宏盈江 Dehong Yingjiang	24.70	827.8	17.0	13.3	12.3	14.4	17.9	21.2
大理宾川 Dali Binchuan	25.83	1 440.1	14.3	10.5	10.5	13.0	16.5	20.2

表3 马铃薯冬作区月平均最低气温、气温日较差比较(℃)

Table 3 Comparison of monthly average minimum temperature and temperature daily range of potato winter cropping area

冬作区 Winter cropping area	月平均最低气温 Monthly average minimum temperature						气温日较差 Temperature daily range					
	11	12	1	2	3	4	11	12	1	2	3	4
广西南宁 Guangxi Nanning	15.3	11.1	10.0	11.9	14.9	19.5	9.1	8.9	7.2	6.6	6.7	7.3
广东惠东 Guangdong Huidong	15.7	11.6	10.3	12.1	14.9	19.4	9.9	9.6	9.4	8.5	8.2	7.2
福建福州 Fujian Fuzhou	15.5	10.9	8.7	9.3	11.2	15.6	7.2	7.2	7.1	7.4	8.0	8.3
西双版纳勐海 Xishuangbanna Menghai	11.7	7.7	6.1	7.0	10.1	14.0	11.7	13.8	16.7	18.0	17.9	15.8
临沧双江 Lincang Shuangjiang	12.1	7.5	5.6	7.3	10.9	14.7	12.9	15.4	18.0	18.3	17.6	15.6
红河石屏 Honghe Shiping	10.7	7.2	6.7	8.1	11.1	14.3	10.1	11.0	12.0	13.0	13.3	12.5
德宏盈江 Dehong Yingjiang	11.7	7.3	5.6	7.4	10.8	14.9	13.4	15.2	16.4	16.4	16.5	14.5
大理宾川 Dali Binchuan	7.0	2.0	1.3	3.7	7.4	11.7	16.4	18.9	19.6	19.2	18.6	17.1

3.2 水分条件分析

马铃薯是需水较多的作物, 全生育期需水量 300~450 mm^[9]。发芽期, 土壤含水量应在田间最大持水量的 40%~50%; 苗期对水分需求十分敏感, 理论上幼苗期需水量占全生育期需水量的 10%~15%^[10], 土壤水分应保持在田间最大持水量的 70%~80%, 当降水量低于适宜阈值时, 随着降水量的增加, 马铃薯产量提高; 但当降水量超过适宜阈值时, 随着降水量的增加, 马铃薯产量反而下降^[11]; 开花期降水量每增加 1 mm, 马铃薯产量可减少 1 400~2 100 kg/hm², 在马铃薯块茎膨大期, 降水量对马铃薯产量形成为正效应, 旬降水量每增加 1 mm, 产量可增加 1 200~1 800 kg/hm²^[12]。此期土壤含水量应在田间最大持水量的 80% 左右, 接近收获时降至 50%~60%, 以利块茎周皮老化而便于收获。

云南全省年平均降水量为 1 100 mm, 但降水量在时间上的分配和地理上的分布都极不均匀。雨季(5~10月)受西南和东南暖湿气流的影响, 降水充沛, 夏三月(6~8月)降水量占全年降水量的 60%; 11月至第2年4月为干季, 由于受西方干暖气流的影响, 以晴朗天气为主, 降水稀少, 降水量仅占全年的 10%~20%, 甚至更少。因此云南冬作马铃薯生产在一定程度上受水分的限制。

从表4可以看出, 云南冬作区11~12月正值干

季初期, 降水量仅为 17.1~80.9 mm, 播种出苗期降水量与南方冬作区相当, 但由于年平均相对降水变率不大, 降水可靠程度更高, 由于播种期处于雨季之后, 土壤底墒相对较好, 种薯发芽依赖种薯水分和 中层土壤含水率, 降水的多少不会对马铃薯出苗生长产生太大影响。南方冬作区由于季风强弱的年际差异较大, 雨季的迟早和降水量多少与季风进退密切相关, 因降雨导致无法正常播种或种植后烂种不出苗时有发生。1~2月云南冬作区降水量较少, 大约为 8.1~41.4 mm, 基本能满足马铃薯生长的需要, 水分不足时可以进行人工灌溉, 同期由于受西方干暖气流的影响, 光照充足, 气温相对较高; 3月以后降水量逐渐增加, 弥补了干旱后期土壤水分的不足, 土壤含水量增加刚好能满足马铃薯膨大期对水分的需求, 加之相对湿度小于 70%, 马铃薯晚疫病鲜有发生。一般情况下, 晚疫病菌菌丝生长适温 20~23 ℃, 孢子囊形成适温 18~22 ℃, 10~13 ℃形成游动孢子, 在发病适温条件下, 高温有利病菌孢子梗的生长和孢子囊的形成^[13]。当日平均温度低于 20 ℃, 且连续 3 d 相对湿度超过 75%, 同时连续降雨日数超过 5 d 时, 一般在 15~20 d 后发生晚疫病概率较大^[14]。南方冬作区雨水充沛, 1~3月平均降水量为云南冬作区的 4.2 倍, 2月以后相对湿度均大于 75%(表5), 加之温度较高, 易导致晚疫病等病害的发生与流

表4 马铃薯冬作区降水量比较

Table 4 Comparison of precipitation of potato winter cropping area

冬作区 Winter cropping area	月平均降水量(mm) Monthly average precipitation						年降水量(mm) Annual precipitation	11~4月降水占年降水(%) Nov. - Apr. precipitation accounted for annual precipitation
	11	12	1	2	3	4		
广西南宁 Guangxi Nanning	45.7	23.1	38.6	45.4	61.9	86.7	1 290.0	23.4
广东惠东 Guangdong Huidong	29.6	31.7	34.5	60.4	97.2	189.6	1 849.7	23.9
福建福州 Fujian Fuzhou	40.9	34.0	49.9	84.9	141.5	154.4	1 391.8	36.3
西双版纳勐海 Xishuangbanna Menghai	63.7	17.2	10.6	15.0	23.4	49.8	1 318.5	13.6
临沧双江 Lincang Shuangjiang	53.0	15.0	11.0	16.2	18.7	44.3	995.2	15.9
红河石屏 Honghe Shiping	48.4	16.9	16.5	24.1	25.9	56.9	923.4	20.4
德宏盈江 Dehong Yingjiang	44.3	12.2	14.8	26.6	29.1	64.0	1 545.4	12.4
大理宾川 Dali Binchuan	14.4	2.7	3.3	4.8	6.4	9.7	563.8	7.3

表5 马铃薯冬作区生育期相对湿度比较

Table 5 Comparison of relative humidity in growth duration of potato winter cropping area

冬作区 Winter cropping area	相对湿度(%) Relative humidity					
	11	12	1	2	3	4
广西南宁 Guangxi Nanning	74	73	77	81	81	80
广东惠东 Guangdong Huidong	72	71	72	78	79	79
福建福州 Fujian Fuzhou	68	70	72	75	77	76
西双版纳勐海 Xishuangbanna Menghai	79	78	73	66	61	63
临沧双江 Lincang Shuangjiang	81	78	70	63	59	63
红河石屏 Honghe Shiping	84	83	77	70	65	68
德宏盈江 Dehong Yingjiang	81	79	76	71	66	68
大理宾川 Dali Binchuan	67	64	56	51	47	47

行,造成马铃薯叶片萎垂、卷缩,直至植株黑腐,块茎染病腐烂而减产;4月平均降水量是云南冬作区的3.2倍,收获期降水较多的另一个后果是马铃薯淀粉含量低,品质较差,所结薯块水分含量高,皮孔增生易腐烂,不耐贮藏,不利于长途运输和销售。云南冬季降水规律与马铃薯块茎膨大期吻合度较高,昼夜温差大,有利于马铃薯干物质的积累。

3.3 光照条件分析

马铃薯是喜光作物,长日照利于茎叶生长,短日照利于块茎膨大,弱光照下茎伸长强烈,但植株细弱,充足的光照有利于块茎膨大和干物质积累,随着日照时数增加,马铃薯产量增加。

云南地处低纬高原光照条件好,年总辐射量高达 $411\sim 671\text{ kJ/cm}^2\cdot\text{y}^{[15]}$,仅次于西藏和西北地区,在全国排在第3位,并且在光谱成分中短波光所占比例高,因蓝紫光具有除红橙光外次强的光合作用,光质较好。日照时数多年月平均值在230~250 h,而两广和福建2~3月阴雨天气较多,如2012年日照时数2个月仅有100 h左右^[16]。

4 讨 论

温度(表2、表3)、水分(表4)、相对湿度(表5)等气候指标表明,较其他马铃薯冬作区,云南更适宜发展冬作马铃薯。云南耕地面积约为30万 hm^2 ,其中冬闲田比例高达40%~50%^[17,18],为进一步发展冬作马铃薯提供了保障。目前云南各

州、市马铃薯生产水平差异较大,平均单产只有 $8\,115\sim 27\,105\text{ kg/hm}^2$ 。梁淑敏等^[19]的研究表明,云南冬作马铃薯光合生产潜力为 $81.8\sim 107.6\text{ t/hm}^2$,光温生产潜力为 $77.9\sim 97.3\text{ t/hm}^2$,反映了马铃薯气候生产潜力的巨大空间,目前实际产量仅实现了光合产量潜力的20%,光温产量潜力的30%,产量提升潜力巨大。因此,不断扩大冬作马铃薯面积并挖掘产量潜力应是云南马铃薯产业发展的重要方向之一。

[参 考 文 献]

- [1] 肖继坪,周俊,郭华春.从高产创建结果看云南马铃薯产量潜力[J].中国马铃薯,2015,29(5):274-277.
- [2] 包丽仙,隋启君,姚春光,等.2015年云南省马铃薯产业发展现状、存在问题及建议[C]//屈冬玉,陈伊里.马铃薯产业与中国式主食.哈尔滨:哈尔滨地图出版社,2016.
- [3] 桑月秋,杨琼芬,刘彦和,等.云南省马铃薯种植区域分布和周年生产[J].西南农业学报,2014,27(3):1003-1008.
- [4] 滕宗璠,张畅,王永智.我国马铃薯适宜种植地区的分析[J].中国农业科学,1989,22(2):35-44.
- [5] 杨万林.冬季高产优质马铃薯栽培技术[J].中国种业,2002(8):35-36.
- [6] 杨文钰,屠乃美.作物栽培学各论(南方本)[M].北京:中国农业出版社,2003:131.
- [7] 李华鹏,梁远发,黄钢,等.卧龙地区年间气象条件变化对马铃薯产量和干物质积累的影响[J].西南农业学报,2014,27(1):353-357.

- [8] 姚玉璧, 王润元, 赵鸿, 等. 甘肃黄土高原不同海拔气候变化对马铃薯生育脆弱性的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2013, 3(2): 52-58.
- [9] 侯琼, 苗百岭, 张晓雯. 基于气象因子驱动的阴山地区马铃薯产量预测模型 [J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(6): 247-253.
- [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] 姚玉璧, 雷俊, 牛海洋, 等. 气候变暖对半干旱区马铃薯产量的影响 [J]. 生态环境学报, 2016, 25(8): 1264-1270.
- [12] 池再香, 杜正静, 杨再禹, 等. 贵州西部马铃薯生育期气候因子变化规律及其影响分析 [J]. 中国农业气象, 2012, 33(3): 417-423.
- [13] 王利亚, 孙茂林, 杨艳丽, 等. 云南马铃薯晚疫病区域性流行学的研究 [J]. 西南农业学报, 2005, 18(2): 157-162.
- [14] 池再香, 卢瑶, 胡秋舱, 等. 贵州西部气象因子对马铃薯晚疫病发生流行的影响研究及对策 [J]. 西南农业学报, 2009, 22(6): 1599-1604.
- [15] 郭燕, 李长建. 云南近45年太阳辐射初步研究 [J]. 农业与技术, 2013, 33(2): 154.
- [16] 隋启君. 南方冬作区马铃薯考察报告 [J]. 中国马铃薯, 2012, 26(5): 311-313.
- [17] 米健, 罗其友, 高明杰. 南方冬作区马铃薯增产潜力与适度规模 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39(9): 5124-5127, 5174.
- [18] 米健, 罗其友, 高明杰. 南方冬作区马铃薯发展趋势、区域格局与增产潜力 [J]. 中国农业资源与区划, 2012, 33(3): 73-79.
- [19] 梁淑敏, 王颖, 杨琼芬, 等. 我国云南山区马铃薯周年生产潜力的时空分布特征 [J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(6): 201-207.

新书书讯

由中国农业出版社出版, 金光辉、王腾、吕文河撰写的《黑龙江省马铃薯晚疫病菌群体结构及抗病种质资源研究》一书于2016年11月正式出版发行, 该书针对黑龙江省马铃薯晚疫病发生发病规律, 明确菌群群体遗传结构, 以抗源鉴定研究为重点, 利用有效的抗源筛选方法鉴定出重要的马铃薯晚疫病抗源。该书是我国马铃薯晚疫病研究方面比较全面深入的专著, 值得马铃薯研究者和生产者拥有和珍藏。每本定价: 45元(包括邮费)。

有需购者请联系微信号: tudou772480099, 其微信名: 马铃薯书籍。