

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2023)06-0489-09

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2023.06.002

## 提高冬作马铃薯育种效率的探索

隋启君<sup>1,2,3\*</sup>, 梁淑敏<sup>1,2,3</sup>, 白建明<sup>1,2,3</sup>, 姚春光<sup>1,2,3</sup>, 杨妍<sup>1,2,3</sup>,  
康桂辉<sup>4</sup>, 谢家华<sup>4</sup>, 文建斌<sup>4</sup>, 洪健康<sup>5</sup>, 范汝明<sup>5</sup>

(1. 云南省农业科学院经济作物研究所, 云南 昆明 650200; 2. 云南省马铃薯工程技术研究中心, 云南 昆明 650200;

3. 农业农村部云贵高原马铃薯与油菜科学观测实验站, 云南 昆明 650200;

4. 建水县农业技术推广所, 云南 建水 654300; 5. 红河哈尼族彝族自治州农业科学院, 云南 蒙自 661100)

**摘要:** 目前, 在全球范围内马铃薯常规育种体系主要以夏作为主, 冬作马铃薯育种在2003年前未见报道, 也没有完善系统的冬马铃薯育种体系。因得天独厚的立体气候优势, 云南省可以一年四季生产马铃薯。云南省冬马铃薯因错季上市, 不仅满足国内鲜食市场反季需求, 薯农的比较效益也高。但目前冬作生产上使用的品种为生育期长的‘合作88’和‘丽薯6号’, 冬作马铃薯专用品种缺乏, 产生冬马铃薯市场品种单一, 上市集中等问题, 亟需系统完善的育种体系选育新品种, 这些新品种不仅要具有高产、抗病的特点, 而且在口感和风味上还要能迎合消费者的多样化喜好。新的高效冬作马铃薯育种方法, 采用大春筛选出的68个优良品系, 2016~2020年在云南省建水县连续开展4个冬季试验, 实施过程中采取促进成熟期晚的品种(系)提早成熟的栽培技术。筛选出了5个适合冬作的品系, 分别定名为‘云薯114’(S13-592)、‘云薯115’(S12-1528)、‘云薯116’(S12-1496)、‘云薯703’(S12-1998)和‘云薯608’(S10-843), 该5个品种4年平均产量均在45 000 kg/hm<sup>2</sup>以上, 与露地相比, 经过促早熟栽培技术产量两年平均提高3 145 kg/hm<sup>2</sup>。该研究探索夏冬作联合评价的育种模式, 形成了冬作马铃薯育种体系。

**关键词:** 冬作育种; 马铃薯; 育种效率; 夏冬作马铃薯育种体系

## Exploration of Enhancing Winter Potato Breeding Efficiency

SUI Qijun<sup>1,2,3\*</sup>, LIANG Shumin<sup>1,2,3</sup>, BAI Jianming<sup>1,2,3</sup>, YAO Chunguang<sup>1,2,3</sup>, YANG Yan<sup>1,2,3</sup>,

KANG Guihui<sup>4</sup>, XIE Jiahua<sup>4</sup>, WEN Jianbin<sup>4</sup>, HONG Jiankang<sup>5</sup>, FAN Ruming<sup>5</sup>

(1. Industrial Crops Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming, Yunnan 650200, China;

2. Potato Engineering Technology Research Center of Yunnan, Kunming, Yunnan 650200, China;

3. Scientific Observing and Experimental Station of Potato and Rapeseed in Yunnan-Guizhou Plateau, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Kunming, Yunnan 650200, China; 4. Jianshui Agricultural Technology Extension Institute, Jianshui, Yunnan 654300, China;

5. Honghe Hani and Yi Autonomous Prefecture Academy of Agricultural Sciences, Mengzi, Yunnan 661100, China)

**Abstract:** In the modern world, conventional potato breeding system largely relies on summer cultivation. Winter potato breeding has not been reported until 2003, and till now, there is no systematic and comprehensive winter potato

收稿日期: 2023-09-12

基金项目: 现代农业产业技术体系专项资金(CARS-09-P03); 云南省重点研发计划(202102AE090019)。

作者简介: 隋启君(1964-), 男, 研究员, 主要从事马铃薯遗传育种研究。

\*通信作者(Corresponding author): 隋启君, E-mail: 1073480661@qq.com。

breeding system. Yunnan Province enjoys a unique vertical climate advantage that allows fresh potatoes to be available year-round. The potatoes are on market off-season in winter, which not only meets the demand of the domestic fresh food market in winter, but also has high benefits for potato farmers. However, currently, the main winter potato varieties used are 'Hezuo 88' and 'Lishu 6', which have a prolonged growth period. On the other hand, a number of issues have arisen as a result of the lack of specialized winter potato cultivars. The main varieties in winter in Yunnan Province are comparatively single and typically enter into the markets at the same time, causing an abundance of potatoes which results in low prices. Therefore, there is an urgent need for a systematic and comprehensive breeding system to select new varieties that not only have high yield and disease resistance, but also cater to the diverse preference of consumers in terms of texture and flavor. In order to explore a new and efficient winter potato breeding method, four consecutive winter evaluation experiments were conducted in Jianshui County, Yunnan Province, from 2016 to 2020, using 68 elite breeding lines selected through a summer experiment. Different film mulching treatments were applied to promote the varieties (lines) with late maturity to early maturity. Over the four years of winter experiments, five winter growing varieties were developed from 68 elite summer lines. These lines were named as 'Yunshu 114' (S13-592), 'Yunshu 115' (S12-1528), 'Yunshu 116' (S12-1496), 'Yunshu 703' (S12-1998), and 'Yunshu 608' (S10-843). The average yield of these five varieties exceeded 45 000 kg/ha in four years, and promoting early maturity cultivation techniques increased two-year yield by 3 145 kg/ha, compared to open field cultivation. This study explores the breeding model of joint evaluation of summer and winter cultivation, and form the breeding system of winter cultivation potato.

**Key Words:** winter breeding; potato; breeding efficiency; summer and winter breeding system

目前,在全球范围内马铃薯常规育种体系主要以夏作为主,冬作马铃薯育种在2003年以前还未见报道,缺乏系统完善的冬作马铃薯育种体系。因得天独厚的立体气候优势,云南省可以一年四季生产马铃薯,冬作马铃薯因淡季上市,不仅满足了国内鲜食市场反季销售的需求,薯农的比较效益也高。目前冬作马铃薯生产上使用的品种为生育期长品种如‘合作88’和不适合短日照的品种如‘费乌瑞它’,冬作马铃薯专用品种缺乏使冬作马铃薯市场存在品种单一<sup>[1]</sup>、上市集中等问题,亟需系统完善的育种体系选育新品种。全球马铃薯主要分布在北半球高纬度发达国家<sup>[2]</sup>。2008年,发展中国家马铃薯总产量首次超过发达国家,标志着全球马铃薯产业正向发展中国家转移,中国、印度一跃成为全球两个最大的马铃薯生产国<sup>[3]</sup>,标志全球马铃薯正从高纬度向中低纬度转移,生产季节由北方夏作为主向一年四季生产方向发展。中国主要表现在云南省冬作马铃薯种植面积迅速增加。生产布局变化对新品种提出了新要求,全球马铃薯育种体现出北方一季作(夏作)的常规育种向选育四季生产所需品种转

移趋势,选育冬作马铃薯成为全球马铃薯育种新方向。中国冬马铃薯育种由金黎平等<sup>[4]</sup>于2003年首次提出,云南省冬马铃薯育种由隋启君等<sup>[5]</sup>率先做出研究。因冬马铃薯栽培时间有限,租地试验花费远比夏作高,失败风险大,有限的科研经费无法负担全面开展四季育种工作,冬马铃薯育种体系还不系统和完善,造成了冬作马铃薯品种严重缺乏。

云南省马铃薯隶属西南混作区,境内海拔高差大,从高海拔地区到低海拔地区均有种植,表现为周年播种、周年收获,马铃薯生产可区分为夏作(大春)、春作(小春)、秋作和冬作<sup>[6]</sup>。四季生产因光照、温度、降雨等气候不同,所需品种不同。特殊地理气候赋予云南省开展四季育种的独特优势。2000年以后,为选育满足四季生产品种,云南省农业科学院依据云南省马铃薯周年生产特点,在中国作物学会马铃薯专业委员会的支持下,经全国马铃薯专家研讨,决定面向中国南方地区,建立云南省马铃薯育种体系,开始大规模四季合作育种,以探索新的冬作马铃薯品种选育方式,即夏冬作联合

评价育种模式, 为冬作马铃薯育种新体系奠定理论基础。马铃薯夏冬作育种体系既能提高冬作马铃薯育种效率, 节省育种时间, 也能促进育种单位间资源交流协作, 满足科企合作、中央和地方合作需求, 解决地方育种单位经费不足等问题。

## 1 材料与方法

### 1.1 参试品系

参加试验的品系主要来自 2010、2011、2012

和 2013 年云南省农业科学院经济作物研究所的 C2 株系育种材料, 永久编号 S10-\*、S11-\*、S12-\*、S13-\*, 每一套育种材料在大春育种基地均进行了田间 C2、C3、C4 等多年多代筛选, 再通过两年大春品种比较试验, 入选的优异品系, 共计 68 份(表 1)。2016~2017 年冬季 68 个品系全部参试, 2017~2020 年冬季取 2016~2017 年冬季入选的优良品系及个别非这四套里的特殊品种(系)参加试验。

表 1 参试品系系列及数量

Table 1 Series and quantity of tested lines

| 系列<br>Series | 参试品系数量<br>Quantity of breeding line tested | 参试品系编号<br>No. of breeding line tested                                                                                                                                                        |
|--------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| S10          | 21                                         | S10-1033, S10-209, S10-221, S10-277, S10-327, S10-461, S10-482, S10-499, S10-507, S10-513, S10-515, S10-577, S10-642, S10-644, S10-655, S10-676, S10-701, S10-783, S10-786, S10-843, S10-993 |
| S11          | 14                                         | S11-1297, S11-1306, S11-1308, S11-1463, S11-1692, S11-2523, S11-2557, S11-2671, S11-403, S11-58, S11-652, S11-721, S11-74, S11-897                                                           |
| S12          | 13                                         | S12-1051, S12-1874, S12-1991, S12-1998, S12-2002, S12-468, S12-868, S12-887, S12-936, S12-1054, S12-1496, S12-1612, S12-1528                                                                 |
| S13          | 20                                         | S13-1147, S13-1204, S13-1248, S13-1250, S13-1286, S13-1331, S13-1998, S13-357, S13-421, S13-548, S13-605, S13-625, S13-739, S13-755, S13-845, S13-848, S13-843, S13-592, S13-593, S13-601    |
| 合计 Total 68  |                                            |                                                                                                                                                                                              |

### 1.2 试验材料与方法

#### 1.2.1 试验用种薯来源

试验用种薯均由云南省农业科学院经济作物研究所繁种、提供。

2016 年秋季, 在会泽县野马村大春繁种基地, 收获 68 个品系种薯作为 2016~2017 年冬季建水县甸尾乡铁所村小寨子一组试验用种, 冬作收获考种后块茎不再保存; 2017 年秋季, 在会泽县野马村大春繁种基地, 收获上个冬季入选的品系作为 2017~2018 年冬季建水县甸尾乡铁所村小寨子一组试验用种, 冬作收获考种后块茎不再保存; 2018 年秋季, 在会泽县野马村大春繁种基地, 收获上个冬季入选的品系作为 2018~2019 年冬季建水县甸尾乡铁所村小寨子一组试验用种, 冬作收获考种后块茎不再保存; 2019 年秋季, 在会泽县野马村大春繁种基地, 收获上季入选的品系作为 2019~2020 年冬季建水县甸尾乡铁所村小寨子一组

试验用种, 确保冬季用种的质量。

#### 1.2.2 试验时间和地点

试验于 2016~2017 年冬季、2017~2018 年冬季、2018~2019 年冬季和 2019~2020 年冬季, 连续 4 个冬季在云南省红河州建水县甸尾乡铁所村小寨子一组进行。该区域海拔 1 550 m, 无霜期 296 d, 年降雨量 727.2 mm, 平均气温 17.1℃<sup>[7]</sup>, 土壤为中壤水稻土, pH 4.77~5.56, 有机质 17.35~26.74 g/kg, 速效氮 85.71~142.07 mg/kg, 速效磷 93.02~108.18 mg/kg, 速效钾 92.91~170.85 mg/kg。前茬为水稻, 采用水稻-马铃薯轮作模式。

#### 1.2.3 试验设计

试验采用增广设计, 参试品系均为 1 次重复, 对照品种为 3 次重复, 按照增广设计程序进行排列。2017~2018 年冬季, 试验采用完全随机区组设计, 所有参试品系和对照品种均为 3 次重复。2016~2017 年冬季, 对照品种为‘丽薯 6 号’和‘云

薯401’，其余3个冬季的对照为‘丽薯6号’和‘合作88’。所有种薯均提前催芽。

2016~2017年冬季，于2016年12月23日播种，2017年5月3日收获，所有品系均为露地种植。种植密度66 675株/hm<sup>2</sup>，种植模式为大垄双行，每行长度为2.25 m，行宽1.2 m，株距25 cm，小区面积为10.8 m<sup>2</sup>，每行种10个薯块，小区播种量40块。

2017~2018年冬季，于2018年1月8日播种，2018年4月25日和5月10日两次收获。所有品系均为露地种植。小区面积为13.69 m<sup>2</sup>，按1.63 m分墒，种6行，每行14株，株距为30 cm，行距为54 cm。每小区84株。种植密度61 725株/hm<sup>2</sup>。

2018~2019年冬季，于2018年12月16日播种，2019年4月30日收获。小区面积为5.4 m×1.25 m=6.75 m<sup>2</sup>。每小区种40块。处理为：A.露地；B.一膜(地膜覆盖)；C.二膜(小拱棚+地膜覆盖)；D.二膜+丙环唑。所有品系均有4种处理。株距为27 cm，行距为62.5 cm。种植密度59 250株/hm<sup>2</sup>。

2019~2020年冬季，于2019年12月19日播种，2020年4月21日和5月9日两次收获。所有品系的4种处理、株行距、种植密度、小区面积和小区株数均与2018~2019年冬季相同。

1.2.4 试验方法

2016~2020年播种前均采用微耕机深翻细耙，

晒地，整地时施精制有机肥(有机质≥30%，总养分质量分数N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O≥4%)1 950 kg/hm<sup>2</sup>、复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=31:5:0)450 kg/hm<sup>2</sup>、复混肥料(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=13:5:7)600 kg/hm<sup>2</sup>。播种时穴施控释配方肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=18:5:15)1 200 kg/hm<sup>2</sup>+控释配方肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=13:10:20)600 kg/hm<sup>2</sup>作种肥。在马铃薯生长期，根据田间土壤墒情和植株生长情况，使土壤耕作层始终保持湿润状态，灌水5次。生育期内应用无人机喷洒氟菌·霜霉威、霉多克66.8%可湿性粉剂、1-氰基-N-[(乙胺基)羰基]-2-(甲氧基亚氨基)乙酰胺等防治病虫害3次。所有小区田间管理一致，均按照农业生产上高产栽培技术管理。

1.2.5 调查记载

在马铃薯成熟期，对每个小区进行实测产量。对每小区的块茎进行大小分级，分别称重计数，最后计算大薯率(单薯重量150 g以上为大薯)。

大薯率(%) = 大薯鲜重/块茎总鲜重 × 100

2 结果与分析

2.1 冬季筛选结果

2.1.1 2016~2017年

68个参试品系，经各方面评价，最终入选11个优良品系(表2)，其中红皮黄肉鲜食型品系5个，白皮白肉鲜食型品系1个，黄皮黄肉鲜食型品系1个，特色品系4个。

表2 2016~2017年冬季入选的11个品系情况  
Table 2 Eleven breeding lines selected in 2016–2017 winter

| 品系<br>Line | 薯形<br>Tuber shape | 皮色<br>Skin color | 肉色<br>Flesh color | 芽眼深度<br>Eye depth | 小区产量(kg/10.8 m <sup>2</sup> )<br>Plot yield | 大薯率(%)<br>Large tuber percentage | 备注<br>Note |
|------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------------|----------------------------------|------------|
| S12-1528   | 圆                 | 红                | 黄                 | 中浅                | 43.7                                        | 70.5                             | 鲜食品系       |
| S12-1496   | 椭圆                | 红                | 黄                 | 浅                 | 36.9                                        | 76.9                             |            |
| S12-1054   | 椭圆                | 红                | 黄                 | 浅                 | 34.2                                        | 73.8                             |            |
| S13-593    | 圆                 | 红                | 黄                 | 浅                 | 31.6                                        | 85.9                             |            |
| S13-592    | 椭圆                | 红                | 黄                 | 浅                 | 30.6                                        | 77.9                             |            |
| S11-1308   | 扁圆                | 白                | 白                 | 浅                 | 38.9                                        | 81.4                             | 特色品系       |
| S13-357    | 扁圆                | 黄                | 黄                 | 中浅                | 30.2                                        | 85.4                             |            |
| S12-1998   | 圆                 | 黄                | 黄                 | 浅                 | 39.6                                        | 65.0                             |            |
| S10-515    | 圆                 | 白                | 红                 | 中浅/红芽眼            | 24.8                                        | 57.3                             |            |
| S10-843    | 圆                 | 紫                | 紫                 | 中浅                | 35.9                                        | 63.7                             |            |
| S12-936    | 椭圆                | 深黄               | 黄                 | 浅                 | 26.2                                        | 77.0                             |            |

### 2.1.2 2017~2018年

因播种过晚使几乎所有品种均未成熟, 为了种植水稻不得不在马铃薯未成熟时收获。因而2016~2017年表现较好品系在2017~2018年表现不佳(表3)。4月25日第1次收获, 除对照组外, 所有

17个参试品系均未超过45 000 kg/hm<sup>2</sup>, 5月10日第2次收获, 仍未成熟, 所有参试品系块茎均快速膨大, 生长速度为426~1 571 kg/hm<sup>2</sup>·d, 2016~2017年表现优异的品系, 2017~2018年冬季产量均不理想, 只能作为参考数据。

表3 2017~2018年冬季重点品系两次收获结果

Table 3 Yield of key winter lines in two harvest time in 2017~2018 winter

| 品种(系)<br>Variety (Line) | 2018年4月25日产量(kg/hm <sup>2</sup> )<br>Yield on April 25, 2018 (kg/ha) | 2018年5月10日产量(kg/hm <sup>2</sup> )<br>Yield on May 10, 2018 (kg/ha) | 生长速度(2018年4月25日~5月10日)(kg/hm <sup>2</sup> ·d)<br>Growth rate from April 25 to May 10, 2018 (kg/ha·d) |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| YS105                   | 40 745                                                               | 63 636                                                             | 1 526                                                                                                |
| 丽薯6号(CK)Lishu 6         | 53 519                                                               | 59 490                                                             | 398                                                                                                  |
| S12-1998                | 43 872                                                               | 57 650                                                             | 918                                                                                                  |
| S13-605                 | 41 826                                                               | 56 690                                                             | 992                                                                                                  |
| YS505                   | 33 731                                                               | 56 090                                                             | 1 491                                                                                                |
| S13-1308                | 36 069                                                               | 51 731                                                             | 1 044                                                                                                |
| S10-655                 | 38 582                                                               | 48 042                                                             | 630                                                                                                  |
| S10-642                 | 31 655                                                               | 46 757                                                             | 1 007                                                                                                |
| S10-515                 | 30 573                                                               | 46 214                                                             | 1 043                                                                                                |
| S10-843                 | 22 623                                                               | 46 191                                                             | 1 571                                                                                                |
| S10-783                 | 32 210                                                               | 45 188                                                             | 866                                                                                                  |
| S12-1528                | 33 321                                                               | 44 535                                                             | 747                                                                                                  |
| S10-277                 | 36 126                                                               | 42 528                                                             | 426                                                                                                  |
| S12-1496                | 24 494                                                               | 39 591                                                             | 1 007                                                                                                |
| S03-921                 | 27 476                                                               | 38 826                                                             | 756                                                                                                  |
| S12-1054                | 20 723                                                               | 37 827                                                             | 1 140                                                                                                |
| S13-592                 | 20 870                                                               | 35 075                                                             | 947                                                                                                  |
| D111                    | 21 630                                                               | 33 930                                                             | 821                                                                                                  |

### 2.1.3 2018~2019年

2018~2019年冬季在最佳生育期内播种收获, 参试品系均已成熟, 故产量表现正常。参试品系中5个参试品系产量超过60 000 kg/hm<sup>2</sup>, 均超过对照‘合作88’和‘丽薯6号’, 特别是‘S12-1528’和‘S12-1496’表现突出。考虑2017~2018年所有参试品系均为未成熟的情况, 该季试验增加了促早熟的措施: 一膜(覆盖一层地膜), 二膜(地膜+小拱棚)和二膜+丙环唑(控旺长)。品种间差异较大, 有的效果很好, 如‘S12-1496’, 有的效果不明显甚至减产, 如‘丽薯6号’(表4)。各品系促早熟措施の出苗率较露地栽培总体降低(表5)。

### 2.1.4 2019~2020年

2019~2020年冬季继续进行促早熟试验。在露

地正常种植条件下, 4个红皮黄肉品系‘S12-1528’‘S12-1054’‘S13-592’‘S12-1496’的产量均超过54 000 kg/hm<sup>2</sup>(表6)。

与2018~2019年冬季不同, 2019~2020年冬季促早熟措施效果总体为负作用, 反映在建水县甸尾乡气候条件下, 地膜覆盖等技术措施效果在年份间不稳定。主要因于2018~2019年、2019~2020年冬季气候温暖, 促早熟措施较露地栽培出苗率下降(表5、表7)。

## 2.2 夏冬作马铃薯育种体系构建

目前, 冬作育种体系不完善, 没有完整的体系模式, 通过综合分析上述4年的冬作评价试验, 在原夏作马铃薯育种体系的基础上, 构建了夏冬作马铃薯育种体系, 如表8所示。

表4 2018~2019年冬季重点品系促早熟试验结果

Table 4 Yield of key lines by promoting early maturity treatments in 2018–2019 winter

| 品种(系)<br>Variety (Line) | 露地(kg/hm <sup>2</sup> )<br>Open field (kg/ha) | 一膜(kg/hm <sup>2</sup> )<br>One-film mulching<br>(kg/ha) | 二膜(kg/hm <sup>2</sup> )<br>Two-film mulching<br>(kg/ha) | 二膜+丙环唑(控旺长)(kg/hm <sup>2</sup> )<br>Two-film mulching +<br>control overgrowth (kg/ha) | 平均(kg/hm <sup>2</sup> )<br>Average (kg/ha) |
|-------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| S12-1528                | 67 737                                        | 61 514                                                  | 69 416                                                  | 68 744                                                                                | 66 852                                     |
| S12-1496                | 56 328                                        | 61 751                                                  | 65 919                                                  | 71 441                                                                                | 63 860                                     |
| S13-1308                | 59 292                                        | 57 218                                                  | 74 216                                                  | 63 825                                                                                | 63 638                                     |
| S12-1054                | 49 484                                        | 60 270                                                  | 64 913                                                  | 70 493                                                                                | 61 290                                     |
| S10-277                 | 56 507                                        | 63 885                                                  | 62 690                                                  | 60 419                                                                                | 60 875                                     |
| 合作88(CK1)Hezuo 88       | 62 877                                        | 54 788                                                  | 50 010                                                  | 56 685                                                                                | 56 090                                     |
| S03-921                 | 54 432                                        | 57 278                                                  | 46 218                                                  | 62 108                                                                                | 55 008                                     |
| S13-592                 | 46 817                                        | 47 766                                                  | 63 045                                                  | 62 226                                                                                | 54 963                                     |
| S10-642                 | 45 069                                        | 42 818                                                  | 59 283                                                  | 50 966                                                                                | 49 533                                     |
| 丽薯6号(CK2)Lishu 6        | 53 958                                        | 48 521                                                  | 47 462                                                  | 40 713                                                                                | 47 664                                     |
| S10-515                 | 44 921                                        | 41 010                                                  | 49 121                                                  | 46 907                                                                                | 45 489                                     |
| S10-843                 | 38 757                                        | 33 987                                                  | 41 151                                                  | 44 121                                                                                | 39 504                                     |
| 平均 Average              | 53 015                                        | 52 568                                                  | 57 788                                                  | 58 220                                                                                | 55 397                                     |

表5 2018~2019年冬季促早熟措施对马铃薯出苗率的影响

Table 5 Effect of promoting early maturity managements on potato emergence percentage in 2018–2019 winter

| 品种(系)<br>Variety (Line) | 露地(%)<br>Open field | 一膜(%)<br>One-film mulching | 二膜(%)<br>Two-film mulching | 二膜+丙环唑(控旺长)(%)<br>Two-film mulching + control overgrowth | 平均(%)<br>Average |
|-------------------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------|------------------|
| S12-1528                | 97.5                | 77.5                       | 90.0                       | 92.5                                                     | 89.4             |
| S12-1496                | 90.0                | 97.5                       | 95.0                       | —                                                        | 94.2             |
| S13-1308                | 100                 | 75.0                       | 100                        | 92.5                                                     | 91.9             |
| S12-1054                | 95.0                | 90.0                       | 97.5                       | —                                                        | 94.2             |
| S10-277                 | 100                 | 95.0                       | 100                        | —                                                        | 98.3             |
| 合作88(CK1)Hezuo 88       | 92.5                | 77.5                       | 66.3                       | 82.5                                                     | 79.7             |
| S03-921                 | 97.5                | 90.0                       | 77.5                       | —                                                        | 88.3             |
| S13-592                 | 95.0                | 82.5                       | 95.0                       | —                                                        | 90.8             |
| S10-642                 | 92.5                | 75.0                       | 97.5                       | 97.5                                                     | 90.6             |
| 丽薯6号(CK2)Lishu 6        | 97.5                | 55.0                       | 72.5                       | 67.5                                                     | 73.1             |
| S10-515                 | 97.5                | 85.0                       | 92.5                       | 95.0                                                     | 92.5             |
| S10-843                 | 85.0                | 65.0                       | 80.0                       | 90.0                                                     | 80.0             |
| 平均 Average              | 95.0                | 80.4                       | 88.6                       | 88.2                                                     |                  |

注: —表示数据缺失。

Note: — represents data missing.

表6 2019~2020年冬季重点品系促早熟试验结果

Table 6 Yield of key lines by promoting early maturity treatment of 2019–2020 winter

| 品种(系)<br>Variety (Line) | 露地(kg/hm <sup>2</sup> )<br>Open field (kg/ha) | 一膜(kg/hm <sup>2</sup> )<br>One-film mulching<br>(kg/ha) | 二膜(kg/hm <sup>2</sup> )<br>Two-film mulching<br>(kg/ha) | 二膜+丙环唑(控旺长)(kg/hm <sup>2</sup> )<br>Two-film mulching + control<br>overgrowth (kg/ha) | 平均(kg/hm <sup>2</sup> )<br>Average<br>(kg/ha) |
|-------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| S12-1528                | 58 253                                        | 62 433                                                  | 73 527                                                  | 55 725                                                                                | 62 484                                        |
| S12-1054                | 79 884                                        | 62 138                                                  | 58 179                                                  | 49 206                                                                                | 62 352                                        |
| Lu10-36                 | 64 772                                        | 54 582                                                  | 56 342                                                  | 59 282                                                                                | 58 743                                        |
| S03-921                 | 58 401                                        | 59 322                                                  | 59 453                                                  | 53 058                                                                                | 57 558                                        |
| S13-592                 | 58 994                                        | 61 397                                                  | 53 970                                                  | 50 510                                                                                | 56 217                                        |
| S10-277                 | 66 254                                        | 54 434                                                  | 54 564                                                  | 48 614                                                                                | 55 967                                        |
| S12-1496                | 58 401                                        | 58 581                                                  | 51 068                                                  | 52 703                                                                                | 55 188                                        |
| S12-1998                | 48 327                                        | 57 248                                                  | 52 638                                                  | 55 430                                                                                | 53 411                                        |
| S10-515                 | 43 586                                        | 34 728                                                  | 50 859                                                  | 38 984                                                                                | 42 039                                        |
| 丽薯6号(CK2)Lishu 6        | 61 352                                        | 55 559                                                  | 59 582                                                  | 60 099                                                                                | 59 148                                        |
| 合作88(CK1)Hezuo 88       | 65 900                                        | 63 285                                                  | 63 878                                                  | 73 337                                                                                | 66 600                                        |
| 平均 Average              | 60 375                                        | 56 700                                                  | 57 642                                                  | 54 269                                                                                |                                               |

表7 2019~2020年冬季促早熟措施对马铃薯出苗率的影响

Table 7 Effect of promoting early maturity managements on potato emergence percentage in 2019–2020 winter

| 品种(系)<br>Variety (Line) | 露地(%)<br>Open field | 一膜(%)<br>One-film mulching | 二膜(%)<br>Two-film mulching | 二膜+丙环唑(控旺长)(%)<br>Two-film mulching + control overgrowth | 平均(%)<br>Average |
|-------------------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------|------------------|
| S12-1528                | 80.0                | 95.0                       | 97.0                       | 77.5                                                     | 87.4             |
| S12-1054                | 95.0                | 80.0                       | 72.5                       | 82.5                                                     | 82.5             |
| Lu10-36                 | 100                 | 92.5                       | 82.5                       | 75.0                                                     | 87.5             |
| S03-921                 | 92.5                | 100                        | 92.5                       | 97.5                                                     | 95.6             |
| S13-592                 | 85.0                | 65.0                       | 62.5                       | 72.5                                                     | 71.3             |
| S10-277                 | 92.5                | 85.0                       | 82.5                       | 75.0                                                     | 83.8             |
| S12-1496                | 82.5                | 82.5                       | 65.0                       | 67.5                                                     | 74.4             |
| S12-1998                | 92.5                | 90.0                       | 90.0                       | 95.0                                                     | 91.9             |
| S10-515                 | 97.5                | 87.5                       | 92.5                       | 90.0                                                     | 91.9             |
| 丽薯6号(CK2)Lishu 6        | 80.6                | 76.9                       | 78.8                       | 76.9                                                     | 78.3             |
| 合作88(CK1)Hezuo 88       | 90.0                | 87.5                       | 88.8                       | 82.5                                                     | 87.2             |
| 平均 Average              | 89.8                | 85.6                       | 82.2                       | 81.1                                                     |                  |

### 3 讨 论

经过4个冬季试验，从68个大春优良品系中筛选出5个适合冬作的品种，分别定名为‘云薯114’(S13-592)、“云薯115”(S12-1528)、“云薯116”(S12-1496)、“云薯703”(S12-1998)和“云薯608”(S10-843)。该5个品种4年平均产量均在

45 000 kg/hm<sup>2</sup>以上，与露地对照相比，经促早熟栽培技术产量两年平均提高3 145 kg/hm<sup>2</sup>。

“云薯114”“云薯115”“云薯116”均为红皮黄肉品种，“云薯115”产量最高、最稳定，品质也好，该品种存在问题是薯形过圆，出口不受欢迎<sup>[8]</sup>，面对挑剔的鲜食市场，消费者更偏爱椭圆形马铃薯<sup>[9]</sup>，认为薯形圆不好削皮。“云薯114”薯形最好、

表8 云南省夏冬作马铃薯育种体系

Table 8 Potato breeding system for summer and winter cropping in Yunnan Province

| 年份<br>Year                        | 育种阶段<br>Stage | 育种群体<br>Population | 田间排列(试验设计)<br>Field arrangement<br>(experimental design) | 单个无性系<br>播种块茎数<br>Number of tubers<br>per clone | 入选份数<br>Number of<br>clone<br>selected | 场圃地点<br>Location                      |
|-----------------------------------|---------------|--------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|
| 第1年 First year                    | 配制杂交组合        | 200~500个           | 随机排列                                                     |                                                 |                                        | 温室                                    |
| 第2年 Second year                   | 实生苗培育         | 50 000粒            | 随机排列                                                     |                                                 | 40 000块                                | 温室                                    |
| 第3~8年<br>From the 3rd to 8th year | C1~C6代选择      | 40 000块            | 随机排列<br>间比法排列<br>完全随机区组设计                                | 1~360块                                          | 20个品系                                  | 夏作试验点(案例4年入选<br>优异品系68份)              |
| 第9年 9th year                      | C7代预备品比较试验    | 20个品系              | 间比法排列                                                    | 40~60块                                          | 10个品系                                  | 冬作试验点(案例68份品系<br>筛选后入选11个优异品系)        |
| 第10年 10th year                    | C8代品系比较试验     | 10个品系              | 增广设计或随机<br>区组设计                                          | 360块/品系                                         |                                        | 冬作试验点[案例入选的11<br>个品系和特殊品种(系)共同<br>评价] |
| 第11年 11th year                    | C9代品系比较试验     | 10个品系              | 增广设计或随机<br>区组设计                                          | 360块/品系                                         | 2~3个品系                                 | 冬作试验点<br>[案例入选的11个品系和特<br>殊品种(系)共同评价] |
| 第12年 12th year                    | 品种区域试验        | 2~3个品系             | 完全随机区组设计                                                 |                                                 |                                        |                                       |
| 第13年 13th year                    | 品种区域试验        | 2~3个品系             | 完全随机区组设计                                                 |                                                 | 1个品系                                   |                                       |
| 第14年 14th year                    | 品种登记          |                    |                                                          |                                                 |                                        |                                       |

抗疮痂病，最符合鲜食市场需求，但在大春繁种中易感青枯病且干物质含量偏低。‘云薯116’薯形稍差于‘云薯114’，但较‘青薯9号’和‘合作88’好，淀粉含量较高，食用品质好，且表现高产、稳产、抗晚疫病。‘云薯703’为黄皮黄肉、圆形、块茎小(50 g左右)、表皮光滑型的特色品种，蒸煮后有表皮开花表现，口感沙面；在4个冬季试验中，‘云薯703’参加了3个冬季，均表现高产，属于高产、特色品种。‘云薯608’紫皮紫肉，干物质含量低，是适合榨汁特色型品种。作为特色型品种，有一定市场潜力，需加大宣传开发力度。

通过夏冬联合育种模式筛选到的5个品种在4个冬季试验中，3个品种冬季产量优异，只有第2个品种冬季(2017~2018年冬季)表现不佳。对试验进一步分析，发现2017~2018年冬季试验播种时间为1月8日，比最佳节令12月15日晚播23 d，生育期严重不足使晚熟品系大幅减产，故2017~2018年冬季产量数据只作为参考。因此，这5个晚熟品种不宜种植太晚，错过最佳播种期种植将无

法获得预期产量。这5个品种的栽培技术要点是在最佳播期播种，这与蒙懿等<sup>[10]</sup>的研究“贵州冬作马铃薯最佳播期为12月中旬”结果一致，每个地区的最佳播期可能不同，但播期间的产量差异极显著<sup>[11,12]</sup>。‘云薯116’熟期偏晚，最好催芽后带芽种植，这与陈际才等<sup>[13]</sup>、胡选江等<sup>[14]</sup>的研究结果一致，对于晚熟马铃薯品种冬作区需采用带芽播种技术结合促早熟措施。理论上，覆膜、拱棚等促早熟技术措施应有效果，但2018~2019年、2019~2020年两个冬季的试验结果相反，2018~2019年促早熟处理总体比不覆膜增产，2019~2020年总体比不覆膜减产，可能是因2019~2020年播种时气温偏高，使促早熟处理出苗率比露地栽培低，导致产量偏低，这与Liang等<sup>[15]</sup>的研究结果一致。品种的表现也大不相同，需进一步试验或改进栽培措施，评价出这些技术措施发挥作用的条件及特定品种的配套栽培技术。

因马铃薯为同源四倍体作物，遗传分离复杂，导致常规马铃薯品种选育周期长、效率较

低<sup>[16,17]</sup>, 采用常规马铃薯育种方法选育出一个品种并完成登记一般需要8~16年<sup>[3,18]</sup>。借助夏作育种体系, 只需5~6年冬作试验即可完成冬作育种程序选定、登记, 加快了冬作马铃薯新品种育种速度, 提高育种效率, 降低育种成本。中国马铃薯育种主要集中在夏作区, 育成的品种虽多, 却无法满足其他季节生产需求。本研究探索从夏作育种场圃中选取通过2年品种比较试验的优良品系, 在冬作环境下进行4年试验, 选出5个新品种。结果证实夏作+冬作育种模式(夏冬作马铃薯育种体系)成本低、效率高, 不仅在云南省可应用, 其他夏作马铃薯育种单位均可采用该模式选育冬作商业化品种。夏冬作马铃薯育种体系应用可改善反季马铃薯育种工作薄弱问题。快速选育出一批适合夏季和冬季生产的马铃薯新品种, 可使全国马铃薯周年均衡生产, 同时可加强育种单位间资源的交流和协作, 促进马铃薯科企合作、中央和地方合作, 缓解地方育种单位经费不足等问题<sup>[19]</sup>。

本研究通过结合多年的夏作和4年冬作品种筛选试验, 探索马铃薯夏冬作联合育种模式, 不仅从实践中证实了夏冬作联合育种模式的可行性、有效性, 同时根据品种特性结合催芽及促早熟栽培试验, 从实际试验中筛选出5个适宜冬作区生产的马铃薯品种。这对于冬作马铃薯育种模式创新, 建立夏冬作马铃薯育种体系提供了理论和实践依据。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 谢春霞, 杨雄, 李灿辉, 等. 大理州马铃薯四季种植情况 [J]. 中国马铃薯, 2023, 37(1): 89-93.
- [2] 中华人民共和国农业部. 马铃薯成主粮, 最不服气的是红薯! [EB/OL]. (2017-06-29)[2023-09-12]. [https://www.sohu.com/a/152982694\\_99933242](https://www.sohu.com/a/152982694_99933242).
- [3] 崔勇, 雷雨颜, 王晓媛. 30多年来世界马铃薯种植及交易情况分析 [J]. 中国蔬菜, 2021(6): 1-10.
- [4] 金黎平, 屈冬玉, 谢开云, 等. 我国马铃薯种质资源和育种技术研究进展 [J]. 种子, 2003(5): 99-101.
- [5] 隋启君, 白建明, 杨万林, 等. 云南省农科院2004-2005季冬作马铃薯育种进展 [C]//陈伊里, 屈冬玉. 马铃薯产业与东北振兴. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2005.
- [6] 李亚红, 霍超, 曹继芬, 等. 云南省不同季节马铃薯晚疫病发生流行及侵染规律 [J]. 西南农业学报, 2022, 35(9): 2046-2053.
- [7] 普玲花. 建水县甸尾乡小米辣栽培管理技术 [J]. 南方农业, 2016, 10(6): 14, 16.
- [8] 李文刚. 中国马铃薯种薯市场调研和发展趋势预测 [C]//陈伊里. 马铃薯产业与西部开发. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2001.
- [9] 王茜茹, 惠志明, 徐建飞, 等. 马铃薯薯形发育的组织细胞学研究 [J]. 中国蔬菜, 2020(4): 67-73.
- [10] 蒙懿, 韦荣珍, 刘伦. 荔波县早熟马铃薯最佳播期试验 [J]. 植物医生, 2011, 24(1): 36-37.
- [11] 陈梅, 雷廷英. 稻田脱毒马铃薯最佳播期试验研究 [J]. 现代农业科技, 2011(17): 122, 125.
- [12] 刘晓津, 李一聪, 李康活. 广州地区冬种马铃薯适宜播期初探 [J]. 广东农业科学, 2006(10): 13-14.
- [13] 陈际才, 黄廷祥, 罗有卫, 等. 德宏州马铃薯品种丽薯6号主要特性和冬作高产栽培技术 [J]. 农业开发与装备, 2014(12): 137.
- [14] 胡选江, 李燕山, 饶敏, 等. 玉溪市冬马铃薯新品种(系)比较试验 [J]. 农业科技通讯, 2019(11): 90-95, 99.
- [15] Liang S M, Ren C, Wang P J, *et al.* Improvements of emergence and tuber yield of potato in a seasonal spring arid region using plastic film mulching only on the ridge [J]. Field Crops Research, 2018, 223: 57-65.
- [16] 柳俊, 谢从华, 吴承金, 等. 我国马铃薯育种研究浅析 [C]//陈伊里. 中国马铃薯学术研讨文集. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1996.
- [17] 张俊莲, 王蒂. 我国马铃薯育种方式的变迁及其转基因育种研究进展 [J]. 中国马铃薯, 2005, 19(3): 163-167.
- [18] 李灿辉, 龙维彪, 杨仕忠, 等. 马铃薯育种研究与云南马铃薯产业发展 [J]. 云南农业科技, 2003(s1): 95-101.
- [19] 张姝鑫, 王毅, 景玉川, 等. 马铃薯育种现状与改良方法研究 [J]. 农业与技术, 2019, 39(19): 88-89.