

凉山州马铃薯杂交育种的障碍及解决途径

徐成勇¹, 刘彬¹, 何友国², 张荣¹, 刘民英¹, 曾智¹, 潘涛¹

(1. 四川省凉山州西昌农科所高山作物研究站, 四川 昭觉 616150; 2. 四川省凉山州会东县农业局, 四川 会东 615200)

马铃薯的有性杂交育种一般分为品种间杂交及种间杂交, 目前凉山州马铃薯育种主要采用品种间杂交。据统计, 一个新品种的育出机率是二十万分之一, 一个重要品种的育出机率是百万分之一^[1]。因此需要种植大量的实生苗, 即必须获得大量的实生种子。马铃薯由于长期进行无性繁殖, 使开花和结实特性发生很大的变化, 不仅容易落蕾落花, 而且易受外界环境的影响, 致使杂交成功率结实率低, 浆果内种籽形成数量少。近年来, 凉山州种植的亲本材料开花少, 有些品种(系)甚至不开花, 杂交困难, 座果率低, 这种现象日趋严重。再加上历史的原因, 马铃薯遗传基础狭窄, 难以创新, 影响着新品种的育成。

收稿日期: 2005-05-16

作者简介: 徐成勇(1965-), 男, 凉山州西昌农科所高山作物研究站农艺师, 主持凉山州马铃薯育种及配套栽培技术研究工作。

2 诊断技术

青枯病传染来源和发生危害环境比较复杂, 并且是靠种薯和土壤带菌传播病害。1997年“无病种薯和病地种薯品比试验”结果: 揭示凉山高海拔地区生产的无青枯病症状的种薯发现有潜伏侵染。因而诊断技术对青枯病的鉴定、栽培种材料的带菌检测和控制病害蔓延及再次侵染显得尤为重要。目前采用快速、灵敏、简便的 NCM-ELISA 方法在凉山良繁体系建设中对种薯进行检测检疫, 从源头上杜绝青枯菌侵染、传播, 取得了很好的效果。

3 抗、耐病品种(系)

引进具有一定高产潜力的抗青枯病无性系(材

1 马铃薯杂交育种的障碍

1.1 马铃薯亲本材料退化严重

由于多年进行田间种植, 导致亲本材料种性严重退化, 使植株生长势、产量、品质等方面表现不尽人意, 开花少, 落花落蕾严重, 影响开花结实^[2]。

表 1 1999~2003 年杂交亲本退化及落花落蕾状况

年份	卷叶(%)	花叶(%)	PSTV(%)	落花落蕾率(%)
1999	9.56	3.50	10.25	4.52
2000	7.24	5.26	16.83	75.30
2001	17.45	6.74	17.41	14.56
2002	21.53	7.85	25.18	32.50
2003	15.95	5.83	17.41	31.72

从表 1 可知, 亲本材料随世代增加, 卷叶病、花叶病和 PSTV 侵染逐年加重, 年平均递增分别为

料来源于中国农业科学院植物保护研究所)10 余份, 在不同生态区进行多年、多点抗性、产量和适应性等评价, 筛选出抗青 9-1(原编号 -9-1 正在审定中)结果: 抗病性强, 农艺性状好, 产量高于对照和当地主栽品种, 有待于尽快用于大田生产。

通过马铃薯青枯病在我州马铃薯主产区发生发展规律的调查研究和防病试验、示范研究得出, 此病的特殊性用单一的手段难以防治, 必须采取以农业防治为主, 结合无病或抗(耐)病品种及诊断技术的综合防治技术措施, 辅助现场培训、技术指导, 效果良好, 并能收到较好的防治效果。

13.95%、5.83%、17.41%。落花落蕾年平均递增为31.72%，致使座果率下降。

1.2 亲本材料开花不良

有的亲本材料不开花，或虽然开花，但花期短，花量少，孕性差，不能作杂交亲本材料，如凉薯14、凉薯30、3987117等品种(系)，多年种植作杂交亲本均未成功。

1.3 气候条件不利

栽培的马铃薯多为长日照植物，适宜的日照每天平均在11~13 h。光照充足、长日照能促进花蕾分化与形成，尤其对开花少的早熟品种(系)更为明显^[3]。光照不足直接影响马铃薯的开花和结实。水分和温度对马铃薯的开花结实也有一定的影响。马铃薯需水依生育时期变化的规律是一条单峰曲线，幼苗期需水较少，在孕蕾至开花期需水大约为全生

育期的1/3左右。如果这时土壤水分不足或大气干旱高温超过25℃，不但影响花粉母细胞的减数分裂，花粉孕性降低，而且花蕾早期脱落，或花朵变小，开花少，花期短，影响杂交。马铃薯适宜的杂交温度为18~20℃，高于26℃花粉粒在柱头上死亡。适宜的相对湿度为80%~90%，低于65%杂交不易成功。

凉山州育种基地种植的马铃薯一般在5月下旬至6月上旬现蕾，6月中旬开花，这个时期的水、肥、气热协调与否是影响开花座果的关键。

从表2可以看出，5~7月份凉山州平均日照为5 h左右，满足不了马铃薯对日照要求的特性，开花偏少，花期太短。到了后期，雨量又集中到6~7月份，加上6~7月上旬气温偏低，又影响了杂交和授精。

表2 2002~2004年育种基地的气象资料

年份	项 目	5月					6月					7月					
		上旬	中旬	下旬	月	历年平均	上旬	中旬	下旬	月	历年平均	上旬	中旬	下旬	月	历年平均	
2002	平均气温(℃)	14.8	15.1	13.2	14.3	5.1	18.3	16.9	19.7	18.3	16.7	18.1	20.1	17.6	18.6	19.1	
	降水量(mm)	45.6	48.6	29.0	123.2	127.2	39.8	136.0	18.7	194.5	192.7	96.5	19.0	79.5	195.0	190.7	
	平均日照(h)	6.4	5.5	4.8	5.6	5.8	7.6	2.4	6.8	5.6	4.0	2.6	6.5	0.9	3.3	5.5	
2003	平均气温(℃)	16.2	15.1	15.2	15.5	14.9	15.8	14.8	19.2	16.6	17.1	17.5	20.3	19.2	19.0	18.9	
	降水量(mm)	0.3	35.0	114.4	149.7	121.5	119.6	77.5	88.7	285.8	200.2	92.4	16.5	27.2	136.1	203.7	
	平均日照(h)	9.1	5.2	3.3	5.9	5.8	3.8	1.7	5.9	3.8	4.1	2.1	7.6	5.7	5.1	5.1	
2004	平均气温(℃)	14.9	13.0	15.7	14.5	15.1	14.1	14.6	18.6	15.8	16.7	17.5	17.3	19.6	18.2	19.1	
	降水量(mm)	15.9	91.1	55.1	162.1	127.2	49.8	59.4	73.7	182.9	192.7	105.4	92.0	76.3	273.7	190.7	
	平均日照(h)	8.3	1.8	5.4	5.2	5.8	2.3	3.0	5.0	3.4	4.0	4.5	5.8	7.5	5.9	5.5	
三年 总 平 均	平均气温(℃)	14.8				16.9				18.6							
	降水量(mm)	145.0				221.1				201.6							
	平均日照(h)	5.6				4.3				4.8							

1.4 未受精或受精不良

马铃薯的花开1~2 d后花药成熟，1~3 d后，花的柱头成熟并分泌粘液。当花粉自然的散落到柱头上或人工方法使花粉粘到柱头上，并在凉爽湿润的环境下才能萌发，发生受精，并产生更多生长素，刺激子房迅速膨大，花梗变粗变弯曲，表明受精成功，否则未受精的花经4~5 d后由花柄节处产生离层而脱落，故受精与否是影响座果率的因素之一。

由于凉山州的杂交工作是在露地进行，从近几

年的气象资料来看，在杂交的6~7月份，由于雨水集中，白天做的杂交工作，夜间降雨，致使花粉被雨水冲刷掉或吸水过多而胀破，失去受精能力，雌蕊得不到正常受精，胚不能发育或发育不良而造成花蕾脱落。

1.5 肥料问题

要想植物营养生长和生殖的良好，必须有充足的营养供应，尤其是在二者生长旺季，对营养竞争较为激烈，需肥的数量也较大，此时，在保证其它

条件下的情况下，还需满足马铃薯对营养需求。

马铃薯对N、P、K吸收依生育期变化而变化的规律是一条单峰曲线。从发芽到出苗阶段对N、P、K吸收量分别为6%、8%、和9%；现蕾开花到结薯初期分别为56%、58%和55%，结薯后期吸肥量较少，表明马铃薯一生吸肥的主要时期是在现蕾到开花期，因此必须保证此期的肥料供应，方能有利于开花结实。

长期以来，我们一直是一次施用农家肥和化肥(N、P、K肥)作种肥，没有追肥，由于试验条件所限，杂交圃地长期与荞麦地轮作，荞麦地未施农家肥，长期施用化肥，造成了土壤板结，通气、保肥、保水性能差，使植株在生长旺季乃至生长后期脱肥，满足不了马铃薯在生长发育旺季营养供应，是马铃薯落花落果的另一原因。

1.6 晚疫病

马铃薯晚疫病是生育期间的主要病害。杂交后浆果膨大时期，如遇天气多雨、空气湿度大的情况下，晚疫病容易发生，使植株感病早枯，或使浆果感病腐烂，种子不能成熟。2004年，育种基地在杂交后浆果膨大期，遇到天气多雨，持续天数多，掌握湿度大，其间又遇6月下旬白天的高温，在高温、高湿诱导下，育种基地90%的材料发生晚疫病(1~3级)，这是多年来晚疫病发生最严重的一年。整个年度配制组合95个，授粉花朵17731朵，收获10个组合的165个浆果，成功率不足1%。

1.7 杂交技术有待提高，杂交方法有待改善

用凉薯97作母本，Serrana作父本，在不同花期并同一时间授粉，其结果高低显著不同，从表3、表4可以看出，取父本花粉的适宜时期是花冠开放，花药顶端1/5开裂至花药顶端全部开裂的效果最好；母本柱头授粉的适宜时期是以现薯期开花前24 h至花冠开放后48 h进行杂交授粉的结果率最高，反之结实率低下。

表3 不同花期取粉与杂交结实的关系

取粉标准	授粉花朵(朵)	结果数(个)	结果率(%)
花药顶端1/5开裂	48	44	91.7
花药顶端3/5开裂	80	74	92.7
花药顶端全部开裂	60	56	93.3
花药顶端全部开裂稍萎蔫	52	30	57.7
花药顶端未开裂	62	32	51.6

表4 不同花期与结实的关系

取粉标准(h)	授粉花朵(朵)	结果数(个)	结果率(%)
蕾期开花前48	82	12	14.6
蕾期开花前24	77	51	66.2
当日新开花	100	69	69.0
花冠开放后24	31	21	67.7
花冠开放后48	67	42	62.7
花冠开放后72	25	7	28.0

1.8 外引亲本材料的花粉孕性有待测定

马铃薯的结实性主要是由花粉和胚珠孕性的遗传基因所控制。马铃薯的花粉育性有3种类型：能育花粉达90%；能育花粉达到50%；花粉不孕，花粉不育的只能作母本。因此，进行杂交授粉之前必须进行花粉育性鉴定。由于我们保存的亲本材料50%以上为近年从CIP、国内科研院所引进，亲本材料在本地的适应性等有待进一步研究、摸索。

1.9 遗传基础狭窄

品种的特征特性除受环境条件影响外，主要是受自身的遗传基因所控制，只有当优良的遗传基因连锁或重组在一起，并通过累加和互作，使品种表现出优良的性状。因此，遗传基因的性质直接影响着品种的好坏。

据程天庆先生统计，全国育出的93个品种中，用疫不加(Epoka)，多子白(292-20)，卡它丁(Katahdin)，白头翁(Anemone)，米拉(Mira)作亲本的数分别为14、23、14、6、8。显然，已选取育出的主要品种和亲本的遗传背景非常狭窄，均未突破 *S. tuberosum* 的范围，详见表5，欲继续利用和直接从中选育出更有价值的新品种的难度可想而知^[4]。

2 解决杂交育种障碍的途径

鉴于以上原因，必须采取针对性的措施，促进马铃薯开花座果和提高马铃薯优良基因的重组率，以达到育种目标。

2.1 汰除病毒恢复品种的开花结实能力

病毒是导致马铃薯退化的主要原因，汰除病毒可恢复品种的开花结实能力，提高杂交结实率。为此，必须借助西昌农科所马铃薯脱毒课题组的力

量，将所有种质资源进行脱毒，并进行试管苗保存，并通过双向凝胶电泳技术对保存的全部种质资源的亲本材料试管苗进行检测筛选，初步检测出无PSTV的资源材料，对开展无毒化育种奠定新的基础。

2.2 因地制宜，改善杂交环境

由于气候条件所致，马铃薯开花杂交时期，雨量集中，日照不足等制约因素，凉山州应争取上级有关部门的支持，多方筹集资金，一改露地杂交为网室内杂交，利用网室进行人工杂交育种，是有效的切实可行的技术方法，它可以保证育种计划的实施，可人工控制环境因素的影响，提高杂交座果率。网室可以控制蚜虫，对于使用脱毒种薯或试管苗作为杂交亲本的高级育种目标的实现具有现实意义^[5]。

2.3 重复授粉及施用化学药剂提高杂交成功率

马铃薯属于多胚珠多花粉受精，采取多量授粉的方式，尤其雨后更有必要。据前辈的经验：一般2次和3次授粉的，分别比1次授粉的提高杂交率56%和85%；提高结实粒数37%和52%。尤其是父本有效花粉率较低时，重复授粉更为必要。重复授粉的间隔时间为8~12 h，即在清晨、傍晚及第二天早晨连续3次授粉。

于马铃薯孕蕾期间，每隔5~6 d用50 mg·L⁻¹的赤霉素(GA₃)水溶液喷洒植株一次，有防止花芽产生离层和刺激开花的作用；在花序刚能为肉眼所见时，用20 mg·L⁻¹激动素(BA)和50 mg·L⁻¹赤霉素(GA₃)喷洒植株顶部效果最好，不但开花数量和花粉量增加，花粉发芽率亦显著提高。在授粉后2~3 d，喷2,4-D或其他植物激素，能防止落花，并使子房发育成含有种子的浆果；授粉后在花柄节抹少量0.1%~0.2%茶乙酸羊毛酯，可抑制离层产生，起到防止落果的作用。茶乙酸是一种生长激素，用量不可过多，以免浆果膨大受到抑制^[6]。

2.4 适时合理施肥使杂交前后的花果处于良好的营养状态

施肥的数量和时间正确与否是影响马铃薯开花多少、开花时间长短、座果率高低的重要因素。

凉山州育种基地的土壤缺氮、少磷、富含钾(100 mg·L⁻¹以上)。重施底肥，施肥原则是以有机肥为主，化肥为辅，必要时可以结合叶面喷施。做到合理施肥，调节营养生长和生殖生长并进时期的

养分竞争，使植株具有合理的碳氮比，使杂交前后的花果处于良好的营养条件下生长，以利于开花座果，提高座果率。

2.5 做好晚疫病的预测预报，及时进行药剂防治

晚疫病是凉山州马铃薯的主要病害，由于6~7月份，雨量集中，空气湿度大，晚疫病容易发生，使植株感病早枯，或使浆果感病腐烂，种子不能成熟。因此，进行晚疫病的预测预报，及时进行药剂防治，达到保果的目的。

2.6 学习和探索先进的杂交技术和方法

亲本材料的开化多少，座果与否，除了受品种自身特性、环境条件的制约外，还受杂交技术和方法的影响，由于凉山州现有亲本多为近年来引进，必须加强对亲本资源的鉴定筛选，不断总结经验教训，正确选配组合，学习摸索杂交新技术和新方法，以获得更多的杂交实生种子，为马铃薯育种创造更多更好的资源材料。

2.7 应用现代育种手段解决马铃薯遗传基础狭窄问题

随着生物技术的发展，以及其在现代育种中的不断应用，体细胞无性系变异、细胞融合和基因工程等先进的技术手段在创造资源和选育方面必将改变遗传基础狭窄的困境。在开展常规育种的同时，密切关注生物技术的发展，将一切成熟的可提高育种效率的生物技术方法和手段都用于常规育种^[7]。

[参考文献]

- [1] 隋启君. 中国马铃薯育种对策浅见 [J]. 中国马铃薯, 2001, 15(5):259-264.
- [2] 李成军, 张生. 克山马铃薯研究所杂交育种的障碍及解决途径 [J]. 马铃薯杂志, 1997, 11(3): 160-163.
- [3] 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.
- [4] 李灿辉, 龙维彪, 杨仕忠, 等. 马铃薯育种与云南马铃薯产业发展 [J]. 云南农业科技, 2003, 增刊: 95-101.
- [5] 田兴亚, 秦昕, 李冬梅, 等. 提高马铃薯杂交成功率技术研究 [A]. 陈伊里, 屈冬玉. 高新技术与马铃薯产业 [C]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2002: 104-106.
- [6] 孙慧生. 马铃薯育种学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003, 67-69.
- [7] 王淑菊, 秦昕, 石瑛. 马铃薯开花和杂交座果的理论以及气雾栽培法促进开花座果的可行性 [J]. 中国马铃薯, 2002(2): 113-115.