

苹果高效育种技术创新体系的建立

王雷存, 赵政阳, 高 华

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:建立新时期适合我国国情的苹果高效育种技术创新体系与方法, 对提高我国苹果育种技术水平有着重要意义。现在对多年育种工作进行总结、回顾的基础上, 提出并探索了在“少组合、大群体”的杂交育种思路下苹果高效育种技术创新体系的概念及操作实践。

关键词:苹果; 育种; 技术创新体系

中图分类号:S 661. 103. 3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001—0009(2012)02—0195—03

苹果是世界四大水果之一, 中国作为世界第一苹果生产大国, 产量已占到世界总产量的 1/3 以上^[1]。但栽培品种仍是以国外引进的富士系、元帅系、嘎啦等品种为主^[3]。培育拥有自主知识产权的苹果新品种成为我国苹果育种工作者的一项重要任务^[2]。建国以来, 我国开展了较为系统的苹果育种研究, 先后选育出 200 多个品种, 同时在苹果育种思路和育种方法上也有了不断的创新^[3]。西北农林科技大学作为国内长期从事苹果育种研究的单位之一, 以培育优质、红色、丰产、抗逆、耐贮的晚熟和中晚熟品种为主攻方向, 按照“少组合、大群体”的育种思路, 在构建苹果高效育种技术体系和提高苹果育种效率方面做了不少积极探索。现在总结育种工作的基础上, 对如何建立适合我国国情的苹果高效育种技术创新体系进行了思考和探索。

1 苹果高效育种技术创新体系的概念

世界上从事苹果商业化生产的国家有 80 多个^[4-6], 日本、新西兰、澳大利亚、美国、加拿大、英国、法国、德国、意大利和中国等 10 多个国家长期从事苹果育种研究^[5-6]。日本选育的红富士, 新西兰选育的嘎啦目前正在成为世界性的苹果优良品种, 因此日本和新西兰两国育种成效最为显著, 其在苹果育种技术上也最有代表性。日本坚持按照“多组合、小群体”的育种思路, 除 1939 年杂交培育的“富士”品种外, 其它品种影响力很小^[7]。新西兰国家长期坚持“少组合、大群体”的育种路线, 继“嘎啦”品种之后, 其 GS 系(“嘎啦”与“华丽”杂交

群体)系列品种的培育, 给予育种者无限的启示^[8]。

我国开展苹果育种研究的单位有 40 多个, 主要的有 10 多个^[3]。长期以来, 由于育种技术和经费等方面的原因, 虽然培育的品种有 200 多个, 但真正在生产上有影响的栽培品种极少。近 10 a 来, 国内成立了全国苹果育种攻关协作组, 国内各育种单位育种目标明确, 苹果杂交育种的基本思路已由过去的“多组合、小群体”逐步向“少组合、大群体”转变。育种协作组每 1~2 a 进行一次学术交流, 苹果育种研究工作进入了快速发展期。

1996 年后, 以“优质、丰产、抗性”中晚熟品种为育种目标, 按照“少组合、大群体”的育种思路, 以“富士”、“嘎啦”、“秦冠”、“粉红女士”、“黄元帅”等 5 个品种为杂交亲本, 每个组合杂交培育不少于 1 万株的杂交后代群体, 目前拥有杂交后代实生苗近 8 万株, 为完善苹果高效育种技术体系奠定了基础。

苹果在遗传上高度杂合, 杂交后代性状变异较大, 尤其是经济性状呈现退化和趋中变异的特点, 符合育种目标要求的个体很少, 加之受童期、个体空间大等因素影响, 苹果杂交育种工作量大、周期长, 一直是困扰育种工作者的难题。建立苹果高效育种技术创新体系, 就是在缩短育种周期、简化育种过程和降低育种成本上寻求突破, 同时提高杂交优系的产出率, 选育出生产应用中过硬的品种。要实现这一总体目标, 需要结合苹果杂交育种的特点, 采用“少组合、大群体”的育种思路, 在亲本选择及组合选配、杂交后代早期选择方法与选择指标、促进实生苗提早结果技术及复选、决选指标与评价体系等 4 个方面进行研究, 逐步形成可操作的技术指标和程序方案。

2 苹果高效育种技术体系的程序

2.1 亲本选择与组合选配

国内外育种实践证明, 能否培育出符合目标的品种, 关键在于选择亲本。亲本选择不当, 杂交实生苗再多也培育不出所希望的品种来。亲本选择得当, 可以大

第一作者简介:王雷存(1963-), 男, 陕西韩城人, 硕士, 副研究员, 现主要从事苹果新品种选育及配套栽培技术研究工作。

责任作者:赵政阳(1964-), 男, 博士, 教授, 现主要从事苹果新品种选育及渭北旱地苹果优质高效栽培技术研究工作。

基金项目:陕西省科技攻关资助项目(2010K01-04-1); 陕西省“13115”重大专项资助项目(2010ZDKG-69)。

收稿日期:2011-11-02

大提高杂交后代优良品种的选出率,培育成优良的苹果新品种^[2]。由于地域性差异和育种目标的不同,不同育种单位在杂交亲本选择上有较大差异,但基本的依据是根据表现型,尽可能选择兼具多个优良性状的品种做亲本。采取“少组合、大群体”的育种思路,亲本选择的危险性增大,因而选好亲本更为重要。因为,按照某一育种目标,可能只选择少数的几个品种做亲本,称其为“骨干亲本”,“骨干亲本”不仅目标性状水平要高,其是否能尽更多地涵盖苹果主要栽培性状的优异基因资源,决定着杂交后代是否能选出优良品系以及优良品系的产出率。

为正确选择“骨干亲本”,需要开展大量的基础性研究工作,主要包括苹果重要亲本品种资源的遗传背景和亲缘关系分析、“骨干亲本”基因型及遗传特征研究等,为进行组合选配,还需要了解不同亲本组合的配合力等。在多年育种实践的基础上,建立了苹果品种资源圃,根据确定的育种目标,初步筛选出“富士”、“嘎啦”、“秦冠”、“粉红女士”和“黄元帅”等5个品种为杂交育种的“骨干亲本”,并对骨干品种的主要栽培性状及其遗传规律进行系统研究。

2.2 杂交后代早期预选

前人在苹果杂交后代的早期选择研究方面做了不少探索。早期的育种家布尔班克、米丘林等^[9-12]提出了许多杂种实生苗早期选择指标;之后许多学者对果树重要性状的相关性方面开展了大量研究^[13-15];近年来,育种者开始关注分子标记技术在果树性状早期选择上的应用研究^[16-18];这些都为杂种实生苗的早期鉴定和选择提供了重要依据。尽管如此,育种实践中杂交后代的早期预选问题并没有真正解决,其根本原因还在于针对不同的育种目标尚未建立起一套简便操作、行之有效的选择方法和选择指标。对于大群体的杂交后代,加快早期预先选择对节省费用、提高育种效率至关重要。首要的问题是如何确定适宜的选择强度(淘汰比率);其次是确定有效的选择方法、筛选简便的选择指标。

探索建立苹果大群体杂交后代的早期选择方法体系,基本出发点是在大群体杂交后代条件下,必须加大早期选择淘汰比率,对于1~3 a生的杂交实生苗,采用阶梯式淘汰方式,杂交苗至3 a生时,基本完成初选,淘汰率初步确定为50%左右,仅选留50%左右的杂交后代进入复选。初步想法是,1 a生实生苗,以抗性筛选为主,按照20%左右比率,淘汰抗病性(早期落叶病、白粉病等)差的劣质弱苗;2~3 a生实生苗,以树体生长的生物学特性为依据,通过对生长势、枝、芽特性及叶片性状连续2 a的系统田间调查,利用生物数学分析方法,结合抗病性表现,再选择淘汰30%左右的杂交后代。2005年开始,按照自己的选择程序对3个杂交组合31 600株杂

交实生后代进行初选,有3 215株进入复选阶段。

2.3 促进杂交实生苗提早结果技术

通过一定的农艺栽培措施,缩短杂种实生苗童期,促使其提早结果,这是加速育种进程非常直接和行之有效的方法之一,目前常见的技术措施如采用适当的栽植距离、减少移栽次数、提早播种育苗、主干环状剥皮等已被国内外育种者广泛采用。利用无病毒矮化砧密植栽培,建立复选圃,在矮砧上嫁接杂种苗,不仅可以起到促进提早结果的作用,而且可以保持生长条件一致,有利于对复选单系进行对比评价和系统选择。

在育种实践中,通常采用M26建立密植栽培(220株/667m²)的复选圃,采集经过预选的3 a生实生苗的脱童期部位的新梢,单芽嫁接于矮化自根砧上,每株矮砧嫁接2个优系接芽,整成“V”字形,取得了很好效果。按照这种方法,有利于加强生产管理,可以实现1 a单芽嫁接生长,2 a形成花芽,第3~5 a大量开花结果,5 a时间就可以完成对1个单系的系统评价。

2.4 杂交优系复选、决选指标及评价体系

杂交优系的复选是整个育种工作进程中十分重要的环节,日常工作量很大,如何提高工作效率,缩短工作周期对加快整个育种进度影响很大。大群体杂交后代条件下,如何提高复选效率,目前尚无系统的研究报道和经验积累可供参考。遵循果树常规杂交育种的基本技术要求,结合多年的苹果育种实践,在早期预选的基础上,优质、丰产应是复选阶段的主要目标,为便于操作,应重点围绕果实性状和农艺栽培性状建立量化指标评价体系,对进入复选的单系实行百分制评价,以提高选择的准确性和可操作性。

具体就是按照既定的育种目标,筛选部分指标为硬性指标(必须达到的指标)、部分指标为参考指标,在群体很大的情况下,选择指标不宜过多,硬性指标一般以10个为宜,参考指标不宜超过20个。每个评价指标根据其对应育种目标的重要程度,确定一定的加权分值。此外,为培育生产上过硬的栽培品种,必须提高复选阶段的淘汰比率,建议淘汰率保持在80%~90%为宜,只选留10%~20%的优系进入决选阶段。进入决选阶段的优良单系,在参照苹果杂交育种后代性状描述国家相关标准进行系统综合评价的基础上,同一组合内的品系间还应进行对比筛选。

3 小结

随着分子生物学的发展,分子生物技术在遗传多样性分析、遗传图谱构建、基因连锁标记筛选、分子辅助选择等方面的应用都取得了较大进展^[19-27]。尤其分子标记辅助选择可使果树育种技术通过分子标记进行早期选择成为可能,同时某些不易区分的性状也可通过遗传标记来实现,可加速果树育种的进程,提高育种的效率,

缩短育种周期^[28]。但是,果树育种是一个实践性很强的工作,目前分子生物技术研究离生产实际应用尚有较大距离。因此,立足于生产实际,首先应该重视研究和总结育种实践中积累的经验,加强苹果育种基础研究,积极探索苹果高效育种技术创新体系;同时,要重视常规杂交育种技术与分子生物学技术的结合,加快分子生物学技术在苹果高效育种技术创新体系中的应用,以促进我国苹果育种技术水平不断取得进步,该课题组申报的苹果育种技术“一种用于苹果杂交育种的高效聚合方法”(授权公告号:CN 101536669 B)已获得国家发明专利。

参考文献

- [1] 翟衡,史大川,束怀瑞.我国苹果产业发展现状与趋势[J].果树学报,2007,24(3):355-360.
- [2] 王宇霖.关于我国苹果育种研究工作的几点想法[J].果树学报,2008,25(3):559-565.
- [3] 过国南,阎振立,张顺妮.我国建国以来苹果品种选育研究的回顾及今后育种的发展方向[J].果树学报,2003,20(2):127-134.
- [4] Barritt B H. The apple world 2003-present situation and developments for producers and consumers [J]. Compact Fruit Tree, 2003, 36(1): 15-18.
- [5] 王宇霖.从世界苹果、梨生产及发展趋势与国际贸易看我国苹果、梨生产存在的问题[J].果树学报,2001,18(3):127-132.
- [6] Ballard J A. Some significant apple breeding stations around the world [M]. Bulletin of the Pacific Fruit Testers' Association, 1998: 124.
- [7] 姚胜蕊,薛炳辉.二十一世纪苹果新品种展望[J].落叶果树,2000(4):59-60.
- [8] 翟衡,赵政阳,王志强.世界苹果产业发展趋势分析[J].果树学报,2005(1):44-50.
- [9] Visser T, Verhaegh J J. Inheritance and selection of some fruit characters of apple. (the relation between leaf and selection of some fruit pH as a basis for preselection [J]. Euphytica, 1978, 19, 144-148.
- [10] Zimmerman R H. Juvenility and flowering of fruit trees[J]. Acta Horticulture, 1973, 34: 139-142.
- [11] De Wit I, Keulemans J, Cook N C. Architectural analysis of 1-year-old apple seedlings according to main shoot growth and sylleptic branching characteristics [J]. Trees, 2002(16): 473-478.
- [12] 李鹏丽,申凤莲.果树性状遗传规律研究进展[J].河北农业大学学报,2003,26(5):53-57.
- [13] Visser T, de Vries D P. Precocity of propagated apple and pear seedlings as dependent on the juvenile period[J]. Euphytica, 1970, 19: 141-144.
- [14] 王冬梅,伊凯.苹果杂种叶片与果实的相关性研究[J].北方果树,2004(3):12-14.
- [15] Visser T. Juvenile phase and growth of apple and pear seedlings[J]. Euphytica, 1964, 13: 119-129.
- [16] Bertolla F, Simonet P. Horizontal gene transfers in the environment: natural transformation as a putative process for gene transfers between transgenic plants and microorganisms [J]. Res Microbiol, 1999, 150: 375-384.
- [17] Damasco O P. Use of a SCAR-based marker for early detection of dwarf off-types in micro propagated bananas. cta [J]. Horticulture, 1998, 46(461): 157-164.
- [18] Lu C F, Zhu L H. Molecular-assisted selection in plant breeding[J]. Progress in Biotechnology, 1995(4): 11-17.
- [19] 孙爱君,章镇,张新生,等.果树遗传转化的研究进展[J].遗传,2001,23(6):583-587.
- [20] 李英慧,韩振海,许雪峰.分子标记技术在苹果育种中的应用[J].生物技术通报,2002(6):11-14.
- [21] 姚玉新,翟衡.苹果基因组分子生物学研究进展[J].果树学报,2004,21(6):586-591.
- [22] King G L, Alston F H, Brown L M, et al. Multiple field and glasshouse of scab resistance in apple[J]. Theor Appl Genet, 1998, 96: 699-708.
- [23] Cheng F S, Weeden N F, Brown S K. Identification of co-dominant RAPD markers tightly linked to fruit skin color in apple[J]. Theor Appl Genet, 1996, 93: 222-227.
- [24] Hemmat M, Weeken N F, Conner P J, et al. A DNA marker for columnar growth habit in apple contains a simple sequence repeat[J]. Amer. Soc. Hort. Sci., 1997, 122(3): 347-349.
- [25] Nielsen K M, Bones A M, Smalla K, et al. Horizontal gene transfer from transgenic plants to terrestrial bacteria—a rare event FEMS Microbiol Rev, 1998, 22: 79-103.
- [26] Jain R, Rivera M C, Lake J A. Horizontal gene transfer among genomes: the complexity hypothesis[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1999, 96: 3801-3806.
- [27] Hemmat M, Weeken N F, Conner P J, et al. A DNA marker for columnar growth habit in apple contains a simple sequence repeat[J]. Amer. Soc. Hort. Sci., 1997, 122(3): 347-349.
- [28] 张国海. DNA 分子标记在落叶果树上的应用[J].河南科技大学学报(农学版),2003,23(2):23-25.

Research on Establishing the Technological Innovation System of Apple Breeding

WANG Lei-cun, ZHAO Zheng-yang, GAO Hua

(Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Establishing the apple breeding efficient system in china will improve apple breeding progress. The system of how to establish apple efficient breeding was discussed on the basis of ‘small combination-large population’ ideas after reviewing and summarizing the author's breeding practice in apple.

Key words: apple; breeding; technological innovation; system