

文章编号: 100F 1498(2004) 05 0674 06

巴旦杏的研究现状及开发利用前景

兰彦平¹, 吐拉克孜², 郭文英³, 顾万春^{3*}

(1. 北京市农林科学院农业综合发展研究所, 北京 100089;

2. 新疆维吾尔自治区喀什地区林业科学研究所, 新疆 喀什 844000;

3. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091)

摘要: 综述了国内外在巴旦杏品种选育、生态及生物学特性、生理生化分析、丰产栽培技术、遗传学、无性繁殖等方面的研究现状; 提出我国与欧美国家在巴旦杏遗传学研究上的差距; 分析评价了新疆开发利用巴旦杏资源的条件, 并对巴旦杏在我国的发展提出展望。

关键词: 巴旦杏; 品种选育; 生理生化; 遗传研究

中图分类号: S759.3 文献标识码: A

巴旦杏(*Amygdalus communis* L.) 又称扁桃, 维吾尔语巴旦姆, 是蔷薇科(Rosaceae) 李亚科(Prunoideae) 桃属(*Amygdalus* L.) 乔木, 为世界著名干果及木本油料树种, 其杏仁不但具有较高的含油量、不饱和脂肪酸含量^[1], 而且还含有大量蛋白质、人体必需氨基酸、糖、无机盐、维生素、钙、镁、钠、铁、硒、锌、钡、铝、锰、铜、锶、钛、铬等元素。药用方面, 巴旦杏仁具有明目、健脑、健胃和助消化的功能, 能治疗多种疾病, 尤其是在治疗肺炎、支气管炎等呼吸道疾患上疗效显著, 苦杏仁还用于制成镇静剂和止痛剂等; 巴旦杏也是当地人们喜爱的美食之一, 国外用巴旦杏仁加工成盐炒果仁、粘糖果仁, 并以巴旦杏仁为原料, 加工制作成巧克力糖、高级糕点、糖果、干果罐头等, 还用巴旦杏制成各种补品, 如杏仁乳、杏仁酒。因此, 巴旦杏是多功能树种。

1 国内外研究现状分析

欧美国家对巴旦杏的研究多集中于品种选择、生态学与生物学特性、生理生化与育种、丰产栽培技术、遗传多样性研究等方面。

1.1 品种选择

花期易受晚霜危害是巴旦杏低产的主要原因之一, 因此, 许多国家十分重视晚花品种的选择。目前, 美国已选出分别适合北方栽培的 Nonpareil(浓帕烈)、Mission(米桑)、Peerless(皮来司), 适合南方的有 NeplusUltra(尼·普鲁·乌特拉)、Harpareil(哈帕烈)、J Ordanel(约大诺罗)等50多个优良品种; 前苏联有尼肯特62、高扎克50F-P、克里木等良种; 印度班加地区有JLS-55等4个良种^[2]。为便于果园管理, 减少投入, 欧洲尤其是西班牙从20世纪90年代初便开始自交

收稿日期: 2003-12-06

基金项目: “十五”国家攻关“林木种质资源保存技术创新与利用研究”(2001BA511B10)课题

作者简介: 兰彦平(1971-), 女, 山西岚县人, 博士。

* 通讯作者: 顾万春, 男, 研究员。

亲和巴旦杏的培育,相继育成了“Guara”、“Cambra”、“Felisia”等自交亲和品种。欧洲已建立了具有代表性的巴旦杏品种资源库,并对所收集材料进行了较系统的研究。

1.2 巴旦杏生态学与生物学特性研究

国外学者曾就巴旦杏不同花期对低温的敏感性进行试验,结果表明,巴旦杏花蕾期可忍耐 $-6.6\sim-3.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的低温,盛花期可忍耐 $-2.2\sim-1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (0.5 h)的低温,而幼果在 $-0.55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时就会冻死。花期的温度直接影响开花持续的时间及开花的动态,高温缩短花期,低温延长花期^[3]。对巴旦杏所做的授粉试验表明,巴旦杏自花授粉不孕或少孕^[4],一般以昆虫为传粉媒介^[5,6]。Hill^[7]对蜂群活动规律等方面作了较深入的研究。Mulas等^[8,9]曾对20个巴旦杏品种的花粉超微结构进行观察,一些国家还对花的蜜腺形态及数量^[10]、授粉树的距离与配置^[11~13]、花的发育状态对座果的影响等方面作了较细致的研究。Sharma^[14]对Hybrid 15等9个栽培种进行花粉的形态观察与发芽率测定后认为,供试栽培种通常为3胞花粉,花粉萌发率及花粉管的生长因品种不同而异。对异花不亲和的几个品种的研究表明,异花不亲和的花粉管在花柱3/4的部位停止生长,而在几个自交亲和品种中,自交同异交授粉后的花粉管生长相似^[15],而花粉管生长速度、胚珠的寿命及授粉的早晚是影响座果的最终成因^[16]。

1.3 巴旦杏生理生化与育种研究

国外应用杂交、嫁接、组培等手段,已培育出许多性状优良的巴旦杏品种^[17]。Rikhter^[18]对巴旦杏杂交种化学成分的变化进行了分析,内容包括种仁中球蛋白氨基酸^[19]、花粉盒花药中脂肪酸^[20]含量、种仁脂肪含油特征^[19]等。也有试验对巴旦杏叶片脂肪酸^[21]、烟酸^[22]含量及蛋白质同工酶^[23]进行了测定,Dere^[24]通过基因和酶谱的分析达到了 F_1 子代分离的目的。

1.4 丰产栽培技术研究

世界各国分别从低产园改造、主栽品种与授粉树选择配置^[4]、养蜂传粉^[7]、种植密度、土壤管理、整形修剪、贮藏、病虫害防治、产量预测^[2,5]以及市场营销等方面进行了细致研究。在上述研究后,认为巴旦杏无论幼树还是成年树,对氮肥均有明显的反应,特别是在结果量大时更是如此。落花落果严重是造成巴旦杏产量低而不稳的主要原因。其年产量波动较大,隔年结实的离差为平均产量的12.2%。并针对巴旦杏异花授粉,降水状况直接影响蜂类活动、隔年结实的特点,提出用2月1日—3月15日的降水量来预测巴旦杏产量的生产函数估算模型。

1.5 遗传资源的研究

对巴旦杏遗传资源研究较为深入的有美国、西班牙、意大利、法国和葡萄牙,研究内容如早期的遗传育种和近期的同工酶分析、化学分类和分子标记分析^[25~28]等。近期通过对巴旦杏仁中9种甘油酯成分分析,可以区别出美国、西班牙和意大利的甜巴旦杏品种,所得结果与遗传分析一致^[29]。应用RFLP、RAPD和AFLP的分子标记技术,西班牙学者对本国巴旦杏资源进行标记分析,并成功定位了许多重要的基因^[30]。这为巴旦杏资源的遗传多样性分析与开发利用提供了依据。

我国巴旦杏的引种试验工作开始于20世纪50年代^[31,32],但由于受温度、湿度等气候条件及病虫害的影响,未能大面积发展。近年来,我国自 $75^{\circ}50'$ (新疆喀什) $\sim 122^{\circ}\text{E}$ (辽东半岛), $33^{\circ}45'$ (陕西商县) $\sim 43^{\circ}40'\text{N}$ (新疆伊宁)的北方诸省份均曾引种过巴旦杏,但长势良好并有一定座果的仅限于新疆的喀什、和田、阿克苏等地的部分地区。新疆针对巴旦杏的科研工作是在近三四十年来逐步开展起来的,20世纪70年代,喀什地区在莎车、英吉沙两县建立了巴旦杏

资源类型汇集圃,集中了喀什与国外的26个品种类型,研究人员对巴旦杏的器官形成、生长发育、花期形态、开花物候学、授粉生物学、亲和力试验等方面作了初步研究。成健红等^[33]对巴旦杏雌蕊形态及早期胚胎发生的研究表明,巴旦杏雌蕊具湿型柱头,花柱实心,子房1室,基生胎座,横生胚珠,双珠被,厚珠心,有珠孔塞;巴旦杏存在明显的雌雄异熟现象。花粉授粉后2h左右便可萌发,而雌蕊胚囊在开花时仍处在4核期。对花期一致的不同品种巴旦杏所作的授粉试验表明,巴旦杏自花授粉几乎不座果或座果率低,异花授粉亲和性良好;花期的浮尘天气影响其授粉;人工养蜂授粉可使巴旦杏座果率与人工异花授粉座果率基本接近^[34]。最近,研究人员对喀什地区4个巴旦杏主栽品种的开花物候学与形态学的研究表明,巴旦杏花期始于3月下旬或4月上旬,花期持续约10~20d,纸皮、鹰嘴、双果、麻壳4个主栽品种花期相遇;品种间花的形态存在差异,早开的花花质较好,晚开的花畸形花百分率较高;供试品种的花粉粒在扫描电镜下存在微形态上的差异^[35]。我国研究人员在巴旦杏快繁技术方面也有部分报道,如司马义·巴拉提等^[36]用组织培养方法,在MS加不同浓度的NAA等7种培养基上,对巴旦杏成熟胚进行快速繁殖的研究。结果表明,巴旦杏成熟胚在7种培养基上都能直接形成完整植株,可以继代培养3次左右,繁殖系数达125.00%~210.27%。

综上所述,我国与欧美国家相比,在巴旦杏的研究上,还存在着明显差距,如巴旦杏的快繁技术研究尚未完全突破,许多优良品种(基因型)还未鉴定,遗传多样性分析在我国尚属空白。

2 国内外栽培现状分析

巴旦杏由于其丰富的营养价值,在国际市场的售价一直居高不下。这也促使巴旦杏在较短的时间内在全世界范围得到大面积种植。现今巴旦杏在世界上主要分布于原产地的土库曼斯坦、哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦等中亚国家,意大利、希腊、西班牙等地中海沿岸国家和美国西海岸的加利福尼亚等干旱亚热带与干旱暖温带气候区域内,并形成了以美国和伊朗为代表的两个栽培中心,二者产量之和占世界市场的40%^[37]。

我国巴旦杏的主栽区在新疆喀什地区的莎车县、英吉沙县、疏附县、疏勒县、叶城县、泽普县和喀什市。此外,和田、阿克苏和库尔勒等地也有栽培。总栽培面积为2400hm²,年产量为450t。近年来,甘肃、山东泰安、河北、陕西(榆林、延安、乾县、周至)等省区已有几十公顷栽培面积。总体而言,我国在巴旦杏栽培方面与先进国家相比,还有一定差距,但是,新疆已把巴旦杏栽培作为经济林发展的重点树种,莎车和英吉沙二县计划到2010年栽培面积发展到19200hm²^[11]。巴旦杏很快就会成为新疆喀什地区的重要创汇产品。

3 新疆开发利用巴旦杏资源的条件评价

新疆尤其是喀什地区,地处欧亚大陆中部,塔里木盆地西端,地处79°39'~79°52'E,35°28'~40°16'N,东与塔克拉玛干大沙漠相连,东北与阿克苏地区的柯坪县、阿瓦提县接壤,西北与克孜勒苏柯尔克孜自治州的阿图什布乌恰县阿克陶县相连,边境县总长888km。喀什平原年平均气温11.4~11.7℃,年降水量39~64mm,年蒸发量2000~2600mm,日照2700~3000h。太阳辐射强度为我国最高值区,土壤及气候条件均适宜于巴旦杏的生长^[38]。新疆不仅具有悠久的巴旦杏栽培史,具有适宜的生态环境,而且具有大力发展巴旦杏的技术力量和科研人才。自1976年自治区政府重点开展巴旦杏丰产栽培技术研究以来,在新疆林科院的帮助下,喀什

地区已建立了巴旦杏良种繁育基地, 莎车林场巴旦杏品种园是我国目前保存国内外巴旦杏品种最多的基因库, 一直向其它地区提供优质接穗和种子, 其中多数品种的含油量超过国外品种。莎车林场丰产栽培试验园为各地建园树立了样板, 提供了重要的生产实践经验及科技资料, 本身也收到了良好的经济效益。现在, 除喀什地区的英吉沙、莎车、疏附、疏勒、叶城、泽普等县和喀什市外, 和田地区、阿克苏地区、库尔勒等地区也有栽培^[39]。

4 巴旦杏的开发利用前景及发展对策

新疆作为巴旦杏的主产区, 巴旦杏开发具有广阔的应用前景。巴旦杏干果耐贮易运, 在国际市场上售价很高。近年来, 巴旦杏由于营养价值高, 用途广, 使其在美国及欧洲许多国家已形成规模发展。随着改革开放的不断深入和我国人民生活水平的不断提高, 谷物食用量在不断减少, 对营养食品和果品的需求量增长很快。与毗邻国家出口海关的恢复和增设, 把新疆很快推向了国际市场的前沿。近年来新疆各级政府和林业部门对发展巴旦杏特产给予了高度的重视, 新疆经济的繁荣与交通的不断发达也为我国规模化开发巴旦杏提供了条件, 所以, 开发新疆特产巴旦杏面临机遇, 前景广阔。

(1) 巴旦杏是多用途经济树种, 值得大力发展推广。巴旦杏喜光忌荫, 全年日照时数需 2 500~ 3 000 h, 能耐 40 °C 的高温和 - 27 °C 的低温, 根系浅而庞大, 对土壤适应性强, 在瓦砾山坡和沙漠戈壁及含盐量 $5.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以下的盐碱土上均能生长。其耐旱性很强, 萎蔫系数 2%~ 3%, 抗旱临界土壤水分 50~ 60 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。在河西走廊沙荒地、盐碱地及石砾滩地均可发展^[40]。民间保留下来的巴旦杏数量少且呈零星散植状态, 在引进驯化新品种的同时, 需要对现有品种资源进行收集和系统评价, 建立巴旦杏资源的保存机制, 深入进行种质的创新、改造与利用。

(2) 建立系统的可持续发展的巴旦杏良种选育机制, 依靠科技支撑创品牌。围绕巴旦杏的食用、药用、工业原料等主要经济性状, 开展农家品种与野生资源的挖掘、实生品种和无性系品种选育、繁殖技术的研究开发、国际与国内优良品种的引进与驯化等, 争创名牌产品。同时, 针对生态环境林、原料林的需求进行综合测定评价, 达到既注重经济效益, 又强调生态防护的综合效益。

(3) 建立巴旦杏商品基地, 创建绿色产业。我国巴旦杏主产地在新疆喀什地区, 现有面积 900 hm^2 , 产量不足 100 t。随着人民生活水平的提高, 这一数字还远远不能满足需求。创建绿色产业, 需要联合产学研、科工贸等原料生产和加工产品的企业单位, 在单家独产分散生产的基础上, 建立有一定规模、档次的巴旦杏商品生产基地。采用先进的、系统管理及配套的组培栽培技术, 保障巴旦杏绿色产品生产和加工利用企业化运营。基地建设以巴旦杏生产经营与开发为内容, 以创立品牌产品为目标, 以良好的经济效益为衡量杠杆, 最终以基地建设带动产业化发展。

参考文献:

- [1] 姬玉英, 侯予红. 巴旦杏及其生产现状简介[J]. 新疆林业, 2001(4):36, 48
- [2] Socias R I Company. Breeding self compatible almonds[J]. Plant Breeding Review, 1990, 8: 313~ 318
- [3] Paydas S S, Kuden A B, Kaska N, et al. Investigations on the pollen viability, germination capability and the growth of pollen tubes on some selected almond types under cuurova conditions[J]. Acta Horticulturea, 1994, 373:238~ 245
- [4] Socisa R I Company, Espada J L, Felipe A J. Orchard design and fruit set in almond[J]. ITEA Production Vegetal, 1994, 90(3): 135

~ 140

- [5] Abrol O P. Pollination studies in almondrus[J]. Current Science, 1988, 57(7): 397~ 398
- [6] Soedan A S, Konl A K, Wafar B A. Floral biology of almondrus *Amygdalus* L. Batsch under cultivation in Kashmir valley[J]. Proceed ings of the Indian Academy of Sciences Plant Science, 1989, 99: 297~ 300
- [7] Hill S J. Almondard design with prospect to honeybee behaviour[J]. Acta Horticulturae, 1989, 240: 201~ 209
- [8] Mulas M, Agabbio M, Nieddu G. Ultrastructural morphology of “Nonpareil” almond[J]. Hort Science, 1989, 24(5): 816~ 818
- [9] Mulas M, Dhaliwal G S, Nieddu G. Pollen ultrastructural of twenty almonddivars[J]. Advances in Horticultural Science, 1988, 2(3): 88 ~ 95
- [10] De Grand, Hoffman G, Thop R, et al. The influence of nectar and pollen availability and blossom density on the attractiveness of al monddivors to honeybees[A]. The Sixth International Symposium on Pollination[C]. Tilburg, Netherlands, 1990. 27~ 31
- [11] Barbier E. The pollination of almond Revue Francaise d [J]. Agriculture, 1990, 497: 283~ 288
- [12] Socias R I Company. Flowering dynamics and fruit set in the almonddivar Guara[J]. ITEA Production Vegetul, 1992, 88(3): 193~ 199
- [13] Vezyaei A, Jackson J K. Effect of pollen parent and stages of flower development on almond production[J]. Australian Journal of Ex perimental Agriculture, 1995, 35(1): 109~ 113
- [14] Shama A K, Dhaliwal G S. Pollen morphology and gemination in certain almonddivars[J]. Progressive Horticulture, 1993, 22: 101~ 103
- [15] Nachida B N, Socias I Company R. Characterization of some self compatible almonds I. Pollen tube growth[J]. Hort Science, 1995, 30 (2): 318~ 320
- [16] University of California. Almond Production Manual[M]. University of California Division of Agriculture and Natural Resources Publica tion, 1996. 3364
- [17] Socias R I Company. Current state of breeding almondeties[J]. FTUT Revista Do Fruiticultura, 1989, 4(6): 336~ 339
- [18] Rikhter A. Changes in the chemical composition of the seeds of almonds after reciprocal crosses[J]. Byulleten Glavnogo Botani Chesko go Sada, 1988, 149: 153~ 157
- [19] Chemobai I G. Using gamma rays in the clonal selection of almond[J]. Sbornik Nanchnykn Gosudarstvennogo Nkitskogo Botanicheskogo Sada, 1987, 102: 88~ 92
- [20] Rikhter A A, Ryzhoy V K H. Amino acid composition of the seed proteins of almondies[J]. Prikladnaya Biokhimiya I M, Krobi ologiya, 1987, 23(1): 106~ 115
- [21] Dzhereva A E. Relationships between leaf chemical composition and yield almonds[J]. Restenier Dir Nauki, 1989, 26(4): 76~ 80
- [22] Eizzola S, Galda G, Folgsoia A. Application at high performance liquid chromatography to the Analysis of niacin and biotin in Italian almonddivars[J]. Journal of Chromatography, 1991, 553: 1~ 2, 187~ 192
- [23] Joobeur T. Construction of a saturated linkage map for *Prunus* using an almond × peach F₂ progeny[J]. Thero Appl Genet, 1998, 97: 1034~ 1041
- [24] Dere A, Camen O, Miguel R, et al. Linkage analysis of ten isozyme genes in F₁ segregating almond progenies[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1994, 119(2): 339~ 344
- [25] Ma R C, Oliveira M M. Molecular identification of S-genotypes of almond (*Prunus dulcis*) [J]. Acta Hort, 2001, 546: 575~ 580
- [26] Ma R C, Oliveira M M. Evolutionary analysis of Amygdaloideae (*Prunus dulcis*) S-RNases[J]. Mol Genet Genomics, 2002, 267: 71~ 78
- [27] Tamura M, Ushijima K, Sassa H, et al. Identification of self incompatibility genotypes of almond by allelicspecific PCR analysis[J]. Theor Appl Genet, 2000, 101: 344~ 349
- [28] Ushijima K, Sassa H, Tao R, et al. Cloning and charaterization of cDNAs encoding S-RNases from almond (*Prunus dulcis*): Primary structural features and sequence diversity of the S-RNases in Rosaceae[J]. Mol Gen Genet, 1998, 260: 261~ 268
- [29] Martin Carratala M L. Comparative study on the triglyceride composition of almond kernel oil. A new basis for cultivar chemetric char acterization[J]. J Agric Food Chem, 2000, 9: 3688~ 3692
- [30] Ballester J, Boskovic R, Batlle I, et al. Location of the self incompatibility gene in the almond linkage map[J]. Plant Breeding, 1998,

117: 69~ 72

- [31] 朱京琳. 新疆巴旦杏[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1984
- [32] 潘志刚, 游应天. 中国主要外来树种引种栽培[M]. 北京: 北京科技出版社, 1994
- [33] 成健红, 谭敦炎, 艾尔肯, 等. 巴旦杏花物候学与形态学研究[J]. 西北植物学报, 2001, 21(2): 339~ 344
- [34] 成健红, 李文胜, 麻木提, 等. 巴旦杏授粉试验研究[J]. 新疆林业, 1999, 6: 18
- [35] 成健红, 谭敦炎, 冯大千, 等. 巴旦杏雌蕊形态及早期胚胎发生的研究[J]. 新疆农业大学学报, 1999, 22(2): 106~ 111
- [36] 司马义·巴拉提, 卡德尔·阿布都热西提, 杨茁萌. 巴旦杏快速繁殖技术的研究(1)[J]. 植物研究, 2001, 21(1): 79~ 83
- [37] 张继义, 常学向. 新疆巴旦杏栽培状况考察及河西走廊的引种事宜探究[J]. 甘肃林业科技, 2000, 25(4): 53~ 55
- [38] 李海涛. 新疆生态经济系统的能值分析和可持续发展研究[J]. 干旱区地理, 2001, 4(21): 289~ 295
- [39] 张凤云, 赵军虎. 新疆巴旦杏的开发[J]. 农牧产品开发, 1997, 2: 13
- [40] 刘建勋, 李远森, 马力. 张掖地区巴旦杏发展前景[J]. 甘肃科技, 1997, 1: 14~ 15

Research Progress and Utilization on *Amygdalus communis*

LAN Yarping¹, Turakez², GUO Weir-ying³, GU Wan-chun³

(1. Institute of Agriculture System and Development, Beijing Academy of Agriculture and Forestry, Beijing 100089, China;

2. Research Institute of Forestry, Kashi Prefecture, Xinjiang Uygur Nationality Autonomous Region, Kashi 844000, Xinjiang, China;

3. Research Institut of Forestry, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract: Almond is a well known nut and oil production species. This article summarized the world wide research progress in variety breeding, ecological and biological characteristics, physiological and biochemical analysis, cultivation, genetics, cloning, etc. The differences in genetic research among Europe, America and China were analyzed. The situation for exploiting almond resources in Xinjiang was evaluated, and the evaluation of prospect for developing almond was put forward.

Key words: almond; breeding; physiological and biochemical characters; genetics research