DOI:10.13925/j.cnki.gsxb.20240175

枣幼胚培养后代‘晚脆蜜’新品种选育

任海燕，李登科*，杜学梅，王永康，赵爱玲，薛晓芳，苏万龙，
石美娟，刘丽，李毅
山西农业大学果树研究所，果树种质创制与利用山西省重点实验室，山西太谷 030815

摘要：‘晚脆蜜’是‘六月鲜’枣品种的控制杂交后代经幼胚培养技术选育而成的鲜食枣新品种。该品种树体矮化，树冠紧凑，枣头枝节间短，适宜密植栽培。果形长椭圆形，果实较大，平均单果重为 14.7g。果实硬度大，肉质致密，耐贮性较强。鲜枣可食率 95.20%，可溶性固形物 28.4%，总糖 27.5%，酸 0.383%，维生素 C 含量 3580 mg·kg^{-1}。在山西太谷地区，4 月中旬开始萌芽，6 月上旬进入盛花期，9 月下旬果实成熟，果实生育期 110 d 左右，属于晚熟类型。早果丰产性能较强，2～3 年生枝的枣吊平均结果 1.0 个，3～5 年生树产量 6250kg·hm^{-2}。果实抗裂果能力强，裂果率仅为 3.8%。该品种是一个树体矮化、早果丰产、抗裂耐贮、晚熟优质的鲜食品种，具有良好的产业发展前景。

关键词：枣；新品种；晚脆蜜；幼胚培养后代；抗裂果

中图分类号：S665.1　　文献标志码：A　　文章编号：1009-9980(2024)07-0001-08

Breeding of A New Cultivar Chinese Jujube ‘Wancuimi’ from Embryo Culture

REN Hai-yan, LI Deng-ke *, DU Xuemei, WANG Yongkang, ZHAO Ailing, XUE Xiaofang, SU Wanlong, SHI Meijuan, LIU Li, Li Yi

Institute of Pomology, Shanxi Agricultural University, Shanxi Provincial Key Laboratory of Genetic Improvement and Use of Pomology, Shanxi, Taigu 030815, China

Abstract: *Ziziphus jujuba* Mill. is one of the important fruit trees native to China. With the continuous changes in the market, fresh jujube variety has high economic benefit and great development potential. There is an urgent need to breed new varieties of fresh jujube with both crack resistance and high fruit quality to the problem of poor crack resistance in production. The problem of jujube embryo abortion seriously restricts the process of jujube

收稿日期：2024-04-07　　接受日期：2024-05-10

基金项目：山西省科技重大专项计划“揭榜挂帅”项目(202201140601027)；山西省自然科学基金(202103021224147)；农业农村部种质资源保护专项(111721301354052002)；国家科技资源共享服务平台项目(NHGRC2023-NH12-1)；山西省农业科学院科研创新团队培育专项(YGC2019TD04)；现代农业产业技术体系专项(CARS-30-1-07 和 CARS-30-ZZ-22)

作者简介：任海燕，女，副研究员，博士，主要从事枣种质资源与育种技术研究。Tel：18635495003，E-mail：haiyan_101012@163.com

*通信作者 Author for correspondence. Tel：13834808954，E-mail：ldkzao@126.com

hybrid breeding, limits the selection of parents, and increases the limitations of jujube hybrid breeding. Embryo culture technology provides the possibility to solve the problem of early embryo abortion and opens up a new path for variety breeding. Scientists have attempted to use methods such as jujube embryo culture to obtain hybrid offspring, but so far there have been no reports of jujube embryos being cultured to obtain new varieties. In recent years, the author has made certain progress in the research of jujube embryo culture. We have established a system for cultivating young embryos and a technical system for cultivating young embryos through callus tissue, and obtained a batch of embryo cultured seedlings, which provides technical support for the use of young embryo culture to breed excellent jujube varieties.

'Wancuimi' is a new cracking resistant and late maturing obtained through immature embryo culture technology through controlled hybridization of fresh jujube variety 'Liuyuexian'. The growth vigor of this variety is moderate and robust. The main trunk is longitudinally cracked, the jujube branches are purple-red, the internode is short, the curvature is moderate, and the thorns are undeveloped. The leaf blade is ovate-lanceolate, slightly curled inward, with blunt apex, wedge-shaped base, and blunt teeth on the margin. The flowering amount is moderate, with diurnal opening. Compared with the maternal variety 'Liuyuexian', this variety shows shorter internodes. This variety exhibits strong early yield performance, with an average of 1.0 fruit per hanging branch of 2-3 year-old branches, while the control variety June fresh jujube has a hanging rate of 0.9 fruit. Grafted trees begin to bear fruit in the second year, with a certain yield in the third and fourth years, averaging 6750 $kg \cdot hm^{-2}$, showing strong early yield performance. The fruits of this variety are relatively large, oblong, with a longitudinal diameter of 3.37 cm, a transverse diameter of 2.56 cm, an average single fruit weight of 14.7 g, and uniform size. The fruit shoulder is flat, the top slightly protruding, and the fruit dots are small and dense. The flesh is dense, showing significantly higher fruit strength, flesh hardness, flesh thickness, and flesh compactness than 'Liuyuexian'. The fruit color is red, with a sweet and sour taste, and good freshness. The edible rate of fresh jujube is 95.2%, the soluble solid content is 28.4%, the soluble sugar content is 27.5%, the acidity is 0.383%, and the vitamin C content is 3580 $mg \cdot kg^{-1}$. The fruit core is middle-large, long-spindle-shaped, with plump kernels and a high kernel rate. The seeds are spindle-shaped and reddish-brown. Compared with the maternal variety 'Liuyuexian', the flesh of this variety is denser. This variety has strong crack resistance, with a low cracking rate averaging 3.8%, far lower than the cracking rate of 38.8% in the 'Liuyuexian'. In the Taigu county of Shanxi, budding starts in mid-April, initial flowering in late May, peak flowering in early June, fruit coloring in mid-September, and fruit maturation in late September. The fruit development period is about 110 days, belonging to the late-maturing variety type. This variety is a fresh eating variety with dwarfing tree body, early and abundant

fruiting, crack resistance, good storage resistance, late maturity, and high quality, showing promising industrial development prospects in China.

Key words: Chinese jujube; New cultivar; 'Wancuimi'; Immature embryo culture offspring; Crack resistance

枣（*Ziziphus jujuba* Mill.）是原产我国的重要果树之一。随着市场的不断变化，以制干枣品种为主的现状难以满足消费者多样化的需求，而且发展鲜食枣的经济效益高、发展潜力大[1]。但在生产中鲜食枣优质不抗裂或抗裂不优质的问题较为突出，严重制约着鲜食枣产业的健康和高质量发展。因此，亟需选育抗裂果兼具优质的鲜食枣新品种。

枣栽培历史悠久，但育种技术进展缓慢，长期以来枣树育种一直以芽变选种、株系选优和实生选种为主，杂交育种十分困难[2]。主要原因是枣胚发育不良或中途败育现象普遍存在，致使许多拥有优良性状的枣种质，因无法获得后代而难以被利用，从而限制了亲本的选择，加大了杂交育种的局限性。胚培养技术为解决枣胚败育问题提供了可能，以期为品种选育开辟一条新途径[3]。有研究者[4-8]试图采用幼胚培养技术获得枣杂种后代，但迄今未见获得新品种的报道。作者自 2001 年以来致力于枣胚培养技术研究，先后建立了枣胚培养体系[9]、幼胚经愈伤组织培养的技术体系[10-12]，成功获得了一批胚培苗，为利用幼胚培养选育枣优良品种提供了技术支撑。

'六月鲜'枣是山东省原产的中熟、质优的鲜食地方良种[13]。'晚脆蜜'枣是作者于 2010 年开始利用'六月鲜'为母本的控制杂交后代经幼胚培养技术获得，是国内首次通过幼胚培养技术选育而成的鲜食良种，具有丰产、抗裂果、耐贮、优质、晚熟等特性。该品种的选育成功为枣育种技术和种质创新开辟了新途径。

1 选育过程

2010 年 5 月在山西农业大学（山西省农业科学院）果树研究所选取生长发育正常的 6 株 10 年生'六月鲜'枣品种，在树体上部各方位高接'蜂蜜罐'枣品种开展控制杂交授粉试验。因'六月鲜'后代的种仁发育不饱满，播种后很难获得后代。而幼胚培养技术可以使许多具有特异性状优良枣种质的幼胚得以挽救而获得后代。2012 年 7 月采集经控制杂交后代的幼胚（胚龄 30 d，小球形胚阶段），在无菌条件下进行胚乳看护培养，在培养基 MS、水解乳蛋白 0.5mg·L^{-1}、糖浓度 7%，温度(24±2 ℃) 和光照（时间 14 h·d^{-1}，强度 3000 Lx）条件下添加适宜的激素配比 IBA0.5 mg·L^{-1}+ZT1.5 mg·L^{-1}+ $GA_3$3.0 mg·L^{-1}+NAA 0.2 mg·L^{-1}，成胚率达 52.53%。幼胚经胚乳看护培养后形成球状体，将其完整剥离，放入 BA2.0 mg·L^{-1} 的培养基中进行愈伤组织诱导。将诱导形成的愈伤组织转接到添加 TDZ0.5 mg·L^{-1} 培养基中，在 30d 后愈伤明显增多且质地良好，并有绿色芽点出现，分化率达 70.06%。将已获得的胚培苗剪成留 3～4 片叶的茎段，接入 MS+BA2.0 mg·L^{-1} +IBA0.5 mg·L^{-1} + NAA0.06 mg·L^{-1} 的培养基可进行扩繁增殖。经扩繁后的胚培苗进行生根培养，生根率达 90%。炼苗后，于 2013

年春移栽到大田栽培观察。2016 年从 50 个胚培养品系中筛选出编号为‘6-6’的优良品系。该品系不仅表现果实成熟期较晚、抗裂果、鲜食品质优异，而且还具有树体生长势中庸、节间短等特性。2016 年采集优良品系‘6-6’的接穗，嫁接繁殖、性状观察和区域试验，表现性状稳定一致。经与母本品种‘六月鲜’比较，表现果实成熟期晚、果肉质地致密及枝条节间短等特异性，经 SSR 分子检测，DNA 多态性高度相似，将其定名为晚脆蜜（图 1，图 2）。于 2023 年 12 月通过山西省林木品种审定委员会审定（良种编号：晋 S-SV-ZJ-014-2023）。

图 1 ‘晚脆蜜’品种性状特征图

Figure 1 A New late-ripening, crack resistance *Ziziphus jujuba*. cultivar ‘Wancuimi’

A. 丰产状，B. 节间对比，C. ‘晚脆蜜’果实. A. Fertility，B. Inter node comparison，C. ‘Wancuimi’fruit.

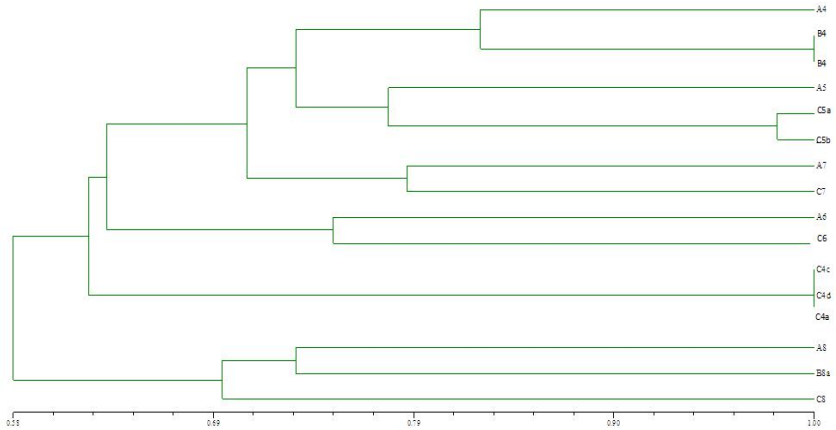

图 2 ‘晚脆蜜’与‘六月鲜’品种的聚类分析图

Figure 2 The cluster analysis of ‘Wancuimi’ and ‘Liuyuexian’

A4. 冷白玉；B4. 冷白玉胚培养后代；A5. 襄汾圆枣；C5a，C5b. 襄汾圆枣胚培养后代；A7. 山东梨枣；C7. 山东梨枣胚培养后代；A6. 六月鲜；C6. 晚脆蜜；A8. 迎秋红；B8、C8. 迎秋红胚培养后代.

A4.Lengbaiyu; B4. Embryo culture offspring of Lengbaiyu ; A5.Xiangfenyuanzao; C5a、C5b. Embryo culture offspring of Xiangfenyuanzao; A7.Shandonglizao; C7.Embryo culture offspring of Shandonglizao; A6.Liuyuexian; C6.Wancuimi; A8.Yingqiuhong; B8、C8.Embryo culture offspring of Yingqiuhong.

2 主要性状

2.1 植物学性状

‘晚脆蜜’树体较小，树姿较开张。主干条状皮裂，枣头枝为紫红色，节间短，节间长度 7.5cm，二次枝节间长度 4.6cm，弯曲度中等，针刺不发达。2～3 年生枝每枣股枣吊数 5.5 个，枣吊长度 22cm，叶片数 13 片。叶片中大，叶长 6.2cm，宽 3.1cm，叶片卵状披针形，微内卷，叶尖钝尖，叶基圆楔形，叶缘钝齿。花量中，花序平均着花 4～9 朵，蜜盘乳黄色，花径 6.43mm，昼开型。该品种与‘六月鲜’枣相比表现枝条节间较短（表 1）。

表 1 ‘晚脆蜜’与‘六月鲜’枣品种的主要生长和结果性能

Table 1 The main growth and fruiting performance of ‘Wancuimi’ and ‘Liuyuexian’

品种 Cultivar	生长势 Growth	节间长度 Internode length（cm）	股吊率（吊/股） Bearing branches per spur/Bearing branches		果吊率（果/吊） Fruits per bearing branch/Fruits		平均每公顷产量 Yield (kg·hm^{-2})
			1a	2～3a	1a	2～3a	3～5a
晚脆蜜 Wancuimi	中庸 Medium	7.5	1.4	5.5	0.83	1.0	6750
六月鲜 Liuyuexian	强 Strong	9.5	1.0	3.5	0.62	0.9	6600

2.2 生长结果习性

‘晚脆蜜’树体矮化，生长势中庸健壮，幼龄枝结果能力强。经多年调查表明，果吊率较高，2～3 年生枝的枣吊平均结果 1.0 个，对照品种‘六月鲜’为 0.9 个。嫁接树第 2 年开始结果，第 3～5 年平均产量 6 750 kg·hm^{-2}，早果丰产性能较强。‘晚脆蜜’品种与对照品种‘六月鲜’相比表现树体生长势中庸健壮（表 1）。

2.3 物候期

在山西太谷地区，‘晚脆蜜’4 月中旬开始萌芽，5 月下旬为初花期，6 月上旬进入盛花期，9 月中旬果实开始着色，9 月下旬果实成熟进入脆熟期。果实生育期 110 d 左右，为晚熟品种类型。与‘六月鲜’枣品种相比，成熟期晚 10 d 以上（表 2）。

表 2 ‘晚脆蜜’与‘六月鲜’品种的主要物候期性状（山西太谷）

Table 2 The main phenological characteristics of ‘Wancuimi’ and ‘Liuyuexian’

品　种 Cultivar	萌芽期 Sprout date	盛花期 Full flowering date	脆熟期 Crisp ripening date	果实生育期 Fruit growth period（d）	成熟期评价 Ripening evaluation
晚脆蜜 Wancuimi	4 月中旬 Middle April	6 月上旬 Early June	9 月下旬 Late September	110	晚熟 Late ripening
六月鲜 Liuyuexian	4 月中旬 Middle April	6 月上旬 Early June	9 月中旬 Midle September	100	中熟 Middle ripening

2.4 果实经济性状

‘晚脆蜜’果实较大，长椭圆形，纵径 3.37 cm，横径 2.56 cm，平均单果重 14.7 g。果肩平，果顶稍突出，果点小而密。果实硬度大，肉质致密。采用英国 Stable Micro Systems 公司生产的 TA.XT plus 质构仪测定，在果皮强度、果肉硬度、果肉粗细、果肉内聚性等果肉质地相关指标显著高于‘六月鲜’。果实色泽红色，风味酸甜，鲜食口感好。鲜枣可食率 95.2%，可溶性固形物含量 28.4%，可溶性糖 27.5%，酸 0.383%，维生素 C 含量 3580 mg·kg^{-1}。果核中大，长纺锤形，种仁饱满，含仁率较高。种子倒纺锤形，红褐色。‘晚脆蜜’与对照品种‘六月鲜’相比，果肉质地表现致密（表 3）。

表 3　‘晚脆蜜’与‘六月鲜’品种的果实特性

Table 3 The fruit characteristics of ‘Wancuimi’ and ‘Liuyuexian’

品　种 Varieties	单果重 Single fruit mass（g）	果实形状 Fruit shape	果肉质地 Flesh texture（g）	果皮强度 Preicarp strength	果肉硬度 Flesh fimness（g）	果肉粗细 Flesh thickness（g）	果肉内聚性 Fruit Cohesion（g/mm）	可食率 Fresh fruit edible rate（%）	可溶性固形物含量 Solble solid content（%）	可溶性糖含量 Soluble sugar content（%）	可滴定酸含量 titratable acid（%）	Vc 含量 Vitamin C content（mg·kg^{-1}）
晚脆蜜 Wancuimi	14.7	长椭圆形 Olblong	致密	1017.58A	639.53A	6.02A	59.64A	95.2	28.4	27.5	0.383	3580

六月鲜 Liuyuexian	15.0	卵圆形 Oval	松脆	801.31B	400.55B	4.89B	37.64B	93.5	28.6	28.0	0.335	3130

注：邓肯氏新复极差检验，α=0.01，不同字母表示差异极显著。

Note: Mean separation was conducted using Duncan's new multiple range lest at α=0.01，and the different letters within the same cocolumn represent significant difference. The same below.

2.5 耐贮性、抗裂果性

'晚脆蜜'品种耐贮性较强，在冷库常规管理条件下，贮存 2 个月后，好果率仍可达 90%以上。该品种具有较强的抗裂果能力。裂果率较低，平均仅为 3.8%，远低于六月鲜品种裂果率 38.8%。

3 栽培技术要点

3.1 栽植密度和建园技术

适宜密植栽培，采用株行距为 2.0～2.5 m×3.0～4.0 m，亩栽 65～110 株。据立地条件、树形及栽培模式等决定适宜的密度。可通过定植嫁接苗、坐地酸枣苗嫁接和高接换优等途径建园。

3.2 树形和整形修剪技术

树形采用小冠疏层形或纺锤形等。小冠疏层形树高控制在 1.8～2.0 m，干高 30～50 cm，全树有 5～7 个骨干枝，分二层着生在中央领导干上。纺锤形树高控制在 1.8～2.0 m，干高 40～50 cm，自主干距离地面 40 cm 以上螺旋状排列 15～17 个二次枝。该品种树冠紧凑、生长势中庸健壮且枝条节间短，夏季修剪较为省工。夏剪主要采用抹芽、摘心、拉枝和环剥等措施，促进早果丰产。冬剪以疏枝为主。

3.3 花果管理技术

'晚脆蜜'具有较强的早果丰产性能，但花期采用环剥、环割、摘心、拉枝喷赤霉素、硼酸、磷钾肥等措施可显著提高产量。对设施栽培、肥水条件较好、树势偏旺的骨干枝在盛花期采取 1 次环割措施，可达到控势增产的效果。该品种的结果能力强，为实现其丰产稳产，除加强修剪、肥水管理外，还要注意合理负载。一般 2～3 年生的初果期树应控制在 4 500～5 250 kg·hm^{-2}，5 年后盛果期不应超过 15 000kg。

3.4 土肥水管理技术

适宜土层深厚、土壤肥力较高，有机质含量高的砂壤土。萌芽期、枣头枝旺长期和果实膨大期对肥水需求较大，分别浇水 1 次，果实膨大期追施磷钾肥 300 kg·hm^{-2}，秋季施有机肥 45 000～75 000 kg·hm^{-2}，并灌封冻水。

3.5 病虫害防控技术

以"预防为主、综合防治"的原则，注意绿盲蝽象、食芽象甲、枣锈病等病虫害的防治。

4 市场前景展望

'晚脆蜜'是国内首次通过枣幼胚培养技术选育而成的鲜食枣新品种，具有树体矮化、

早果丰产、抗裂果、耐贮、晚熟优质的特性。该品种弥补了枣产业中抗裂果且优质鲜食枣品种稀缺的问题，据该品种的特性、用途及各区试点的表现，可在全国枣主要产区发展推广，在国内市场上有巨大的潜力和广阔的前景。

参考文献 References:

[1] 刘孟军，刘平，刘志国. 中国鲜枣产业发展阶段划分及其 4.0 版展望[J].果农之友，2022,18(4)：224-228.

LIU Mengjun, LIU Pingi, LIU Zhiguo, Dvelopment stage classification of Chinese fresh jujube industry and its 4.0 version prospects[J]. Friend of Fruit Growers, 2022, 18(4): 224-228.

[2] 刘孟军，王玖瑞. 新中国果树科学研究 70 年：枣[J].果树学报，2019,36(10)：1369-1381.

LIU Mengjun, WANG Jiurui, Fruit scientific rasearch in New Chinese in the past 70 years: Chinese jujube[J]. Journal of Fruit Science, 2019, 36(10): 1369-1381.

[3] 伊华林，邓秀新，付春华. 胚抢救技术在果树上的应用[J].果树学报，2001,18(4)：224-228.

YI Hualin, DENG Xiuxin, FU Chunhua. Application of embryo rescue techniques in fruit crops[J]. Journal of Fruit Science, 2001, 18(4): 224-228.

[4] 段奶彬，王永清. 枣树胚立体培养的研究[J].四川林业科技，2002,23(2)：42-45.

DUAN Naibin, WANG Yongqing. In vitro culture of embryos of *Ziziphus jujube*[J]. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology, 2002, 23(2): 42-45.

[5] 祁业凤，刘孟军. 枣的胚败育及合子胚培养研究[J].园艺学报，2004,31(1)：78-80.

QI Yefeng, LIU Mengjun. Embryo abortion and young embryo culture of Chinese jujube[J]. Acta Horticulture Sinica, 2004, 31(1): 78-80.

[6] 张存智，王发林，牛彩霞，徐宝利. 陇东马牙枣合子胚培养[J].果树学报，2008,25(3)：418-421.

ZHANG Cunzhi, WANG Falin, NIU Caixia, XU Baoli. Techniques of cultureing young embryo of jujube cultivar Longdong mayangzao[J]. Journal of Fruit Science, 2008, 25(3): 418-421.

[7] 崔秀梅，王玖瑞，刘孟军，代丽，郭敬丽. 枣未成熟胚高效再生体系研究[J].西北林学院学报，2012,27(1)：81-84.

CUI Xiumei, WANG Jiurui, LIU Mengjun, DAI Li, GUO Jingli. An efficient system for plant regeneration from immature embryo of Chinese jujube [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012, 27(1): 81-84.

[8] 梁春莉，赵锦，刘孟军. 冬枣极早熟合子胚培养程苗技术研究[J].园艺学报，2014,41(10)：2115-2124.

LIANG Chunli, ZHAO Jin, LIU Mengjun. A high-efficiency regeneration system for immature embryo of *Ziziphus jujuba*‘Dongzao’ at very early stage [J]. Acta Horticulture Sinica, 2014, 41(10): 2115-2124.

[9] 杜学梅，李登科，王永康，隋串玲，樊保国. 枣胚培技术体系的建立[J].园艺学报，2005,32(3)：496-499.

DU Xuemei, LI Dengke, WANG Yongkang, SUI Chuanling, FAN Baoguo. Establishment of embryo culture technical system of Chinese jujube (*Ziziphus jujube* Mill.) [J]. Acta Horticulture Sinica, 2005, 32(3): 496-499.

[10] 李登科，杜学梅，王永康，隋串玲，贺晋瑜. 六月鲜枣愈伤组织诱导及胚状体发生[J].果树学报，2004,21(5)：414-418.

LI Dengke, DU Xuemei, WANG Yongkang, SUI Chuanling, HE Jinyu. Callus induction and embryogenesis of *Ziziphus jujube cv.* Liuyuexian[J]. Juornal of Fruit Science, 2004, 21(5): 414-418.

[11] 杜学梅，任海燕，王玉国，李登科，赵爱玲，王永康，薛晓芳，隋串玲.‘襄汾圆枣’合子胚愈伤组织诱导成苗技术研究[J].果树学报，2016,33(2)：233-240.

DU Xuemei, REN Haiyan, WANG Yuguo, LI Dengke, ZHAO Ailing, WANG Yongkang, XUE Xiaofang, SUI Chuanling. A regeneration system for zygotic embryo callus induction of *Ziziphus jujuba* ‘Xiangfenyuanzao’[J]. Juornal of Fruit Science, 2016, 33(2): 233-240.

[12] REN H Y, DU X M, LI D K, ZHAO A L, WANG Y K, XUE X F, GONG G H, DU J J. An effiencient method for immature embryo rescue and plant regeneration from calli of *Ziziphus jujuba* ‘Lengbaiyu’[J]. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 2019, 94(1): 63-69.

[13] 李登科，牛西午，田建保. 中国枣品种资源图鉴[M].中国农业出版社，2010.

LI Dengke, NIU Xiwu, TIAN Jianbao. The illustrated germplasm resources of Chinese jujube[M]. China Agricultural Pubilshing House, 2010.