



梨矮生优系的筛选及其作中间砧对‘早酥’ 梨幼树生长发育的影响

李佳纯,杨冠宇,王 斐,张艳杰,马 力,欧春青,姜淑苓

(中国农业科学院 果树研究所,农业农村部园艺作物种质资源利用重点实验室,辽宁兴城 125100)

摘 要 为了选育优良梨矮化砧木,丰富梨矮化砧木资源,采用杂交育种的方式,从杂交后代中筛选出 34 个矮生单株,通过调查矮生单株及其作中间砧嫁接的‘早酥’的生长情况,对 34 个单株的矮生性状和作中间砧的矮化效果及二者间的相关性进行鉴定评价。结果表明,供试 34 个株系多表现为植株矮化、基茎粗度小和节间长度短等特点,7 个株系的矮壮参数小于 119,被鉴定为紧凑型株型;供试 34 个株系作中间砧对‘早酥’的生长均有一定的抑制作用,其中,4 个株系的矮化效果小于 60%,被评价为矮化砧木,11 个株系的矮化效果在 60%~80%之间,被评价为半矮化砧木;筛选出的 15 个具有明显矮化效果的砧木中,5 个显著增加 2 a 生‘早酥’梨的短枝比例;砧木 1 a 生植株的株高、基茎粗度、节间长度和矮壮参数等指标与接穗的株高、干截面积和节间长度等生长指标都密切相关,可以作为梨矮化砧木的前期预选指标。

关键词 梨;砧木;矮化;杂交优系;砧木评价

中图分类号 S661.2

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2022)08-0998-10

梨是中国三大水果之一,栽培历史悠久,栽培区域广泛。矮化密植栽培是当今果园生产现代化的重要内容之一,具有早果、丰产、优质和便于管理等优点,能明显提高梨树生产效益^[1]。在梨的矮化密植栽培中,梨树的矮化主要是应用矮化品种和矮化砧木。中国栽培的梨品种繁多,不同品种在不同砧木上的表现不尽相同,且各地气候类型差异较大,对矮化品种和砧木还具有多样化的需求。而适宜在国内栽培应用的矮化梨品种和砧木资源少,限制了梨矮化密植栽培的发展。

矮化砧木作为嫁接果树的组成部分,对接穗的生长具有重要影响,前人已经开展了许多相关研究。董铁等^[2]研究不同矮化中间砧对‘长富 2 号’苹果生长特性的影响,发现砧木是影响苹果生长的重要因素,能够对树高、干径横截面积、主枝分枝数量和枝类组成等产生不同程度的影响;欧春青等^[3]研究发现,梨矮化砧木的株高、节间长度和基茎粗度等性状与砧木对接穗的矮化程度均呈

显著正相关;魏树伟等^[4]研究矮化中间砧‘中矮 1 号’对皇冠梨树体结构的影响,结果表明,矮化中间砧可以降低树体高度和增加短枝比例。目前,生产上还鲜有矮生型梨品种的报道,有研究表明,梨树的株型遗传属于质量性状遗传,后代可划分为紧凑型和普通型,紧凑型梨植株通常具有新梢短、尖削指数和粗长比大、节间短的特点^[5-6]。贾敬贤^[7]建立了用回归方程早期鉴定梨紧凑型植株的方法。梨矮化密植栽培中应用的中矮系列矮化砧木均具有矮化紧凑的生长特点^[8-12],因此开展紧凑型梨资源的筛选和鉴定评价,是培育矮化品种和砧木的重要基础。

为了进一步选育优良梨矮化砧木和矮生型品种,中国农业科学院果树研究所梨育种课题组(以下称本课题组)以‘中矮 1 号’等优异矮化资源为亲本与不同梨品种进行杂交,获得大量的杂交后代,并从中筛选一批矮生型单株。本研究以这些矮生型单株为试材,对其进行株型评价,以期矮

收稿日期:2021-08-03 **修回日期:**2021-10-27

基金项目:中国农业科学院科技创新工程项目(CAAS-ASTIP-2016-RIP);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项项目(Y2019XK16-01);国家重点研发计划(2021YFE0190700)。

第一作者:李佳纯,女,硕士研究生,从事梨矮化砧木育种研究。E-mail:lijichun@163.com

通信作者:姜淑苓,女,硕士,研究员,硕士生导师,主要从事梨遗传育种研究。E-mail:jiangshuling@caas.cn

欧春青,男,博士,副研究员,主要从事梨矮化砧木和品种选育及相关农艺性状的遗传机制研究。E-mail:ouchunqing@caas.cn

生型品种的选育奠定基础;同时,以这些矮生型单株为中间砧嫁接‘早酥’,对其植株生长发育情况进行连续 2 a 的观测,以期为新的矮化砧木的选育奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2010—2012 年,以‘中矮 1 号’等矮生资源为亲本进行杂交而获得杂种后代,试验所用材料均为上述杂交后代中筛选出来的矮生类型,详见表 1。2017 年 8 月,分别自上述材料的母本树上采集接穗,芽接至大小、粗细一致的实生杜梨砧木

上;2018 年春,剪掉砧木接芽以上部分,培育矮生苗木,同年夏季于接口以上 20 cm 处芽接‘早酥’,对照直接嫁接于杜梨砧木上,落叶后调查矮生苗木生长情况;2019 年春,剪掉接芽以上部分,培育中间砧‘早酥’苗木,落叶后调查 1 a 生‘早酥’梨生长情况,每个株系分别选取 20 株生长势一致、健壮的植株;2020 年将上述苗木以 4 m×1 m 的行株距定植于中国农业科学院果树研究所试验园,于接口上 60 cm 处定干,对照(CK)为同年嫁接到杜梨上的无中间砧‘早酥’苗,每个株系 6 株,落叶后调查植株生长和发枝情况。

表 1 试验材料来源及编号

Table 1 Sources and number of materials

杂交组合 Hybridized combination	杂交时间 Hybridized time	株系编号 Number of strain
中矮 1 号×三季梨 Zhongai 1×Dr Jules Guyot	2010	10-1-1、10-1-2、10-1-3
中矮 1 号×甜秋子 Zhongai 1×Tianqiuzi	2010	10-2-1
CP10×皇冠 CP10×Huangguan	2010	10-3-1
中矮 1 号×苹果梨 Zhongai 1×Pingguoli	2011	11-1-1
中矮 3 号×南果梨 Zhongai 3×Nanguoli	2011	11-2-1、11-2-2、11-2-3
矮梨 1 号×康弗伦斯 Aili 1×Conference	2011	11-3-1、11-3-2、11-3-3
矮梨 3 号×南果梨 Aili 3×Nanguoli	2011	11-4-1
CP10×苹果梨 CP10×Pingguoli	2011	11-5-1、11-5-2
CP10×杭青 CP10×Hangqing	2011	11-6-1
中矮 4 号×南果梨 Zhongai 4×Nanguoli	2011	11-7-1、11-7-2、11-7-3、11-7-4、11-7-5
中矮 3 号×苹果梨 Zhongai 3×Pingguoli	2011	11-8-1、11-8-2、11-8-3、11-8-4、11-8-5、11-8-6、11-8-7、11-8-8、11-8-9
CP10×雪青 CP10×Xueqing	2012	12-1-1、12-1-2、12-1-3、12-1-4

1.2 测定指标及方法

1.2.1 矮生株系 1 a 生苗生长量调查与株型鉴定 苗木落叶后分别测定嫁接苗的株高(嫁接接口以上部分的长度,以直尺测量)、节数、基茎粗度(嫁接接口上端 2 cm 处,以游标卡尺测定)和顶茎粗度(苗木顶端以下 2 cm 处,以游标卡尺测定)。根据测定指标计算节间长度(株高/节数)和尖削指数(顶茎粗度/基茎粗度)。根据贾敬贤等^[13]的方法计算矮壮参数,矮壮参数=177.89+21.83×节间长度—149.03×尖削指数,矮壮参数>119 为普通型,≤119 为紧凑型。

1.2.2 矮化中间砧苗生长量调查及中间砧矮化潜力鉴定 连续 2 a 调查中间砧苗木生长情况,第 1 年调查指标有株高、节数、基茎粗度和顶茎粗度,并计算节间长度、尖削指数和相对株高(试材株高/对照株高×100%),测定与计算方式与“1.2.1”相同。参照贾敬贤等^[13]的方法,计算干截面积、相对于干截面积和矮化程度,干截面积=3.14×(基茎粗度/2)²,相对于干截面积=试材干截

面积/对照干截面积×100%,矮化程度=相对株高×40%+相对于干截面积×60%;通过矮化程度对中间砧的矮化潜力进行评价,矮化程度>80%为乔化,60%<矮化程度≤80%为半矮化,40%<矮化程度≤60%为矮化,矮化程度≤40%为极矮化。第 2 年调查指标有株高、基茎粗度、长枝、中枝、短枝等不同类型枝条数量,并计算干截面积、干截面积增长率[(第 2 年干截面积—第 1 年干截面积)/第 1 年干截面积×100%]和枝类组成(长、中、短枝数量占枝条总量的比例)。

1.3 数据处理与分析

使用 Excel 2010 进行数据处理,使用 SAS 9.4 进行方差分析和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 矮生株系株型鉴定

对不同矮生株系 1 a 生植株生长量进行调查,由表 2 可知,不同矮生株系在株高、基茎粗度、节间长度、尖削指数和矮壮参数等指标上均存在

差异。供试 34 个株系的平均株高为 37.60~104.75 cm,其中,仅‘10-2-1’(37.60 cm)1 个株系显著低于‘中矮 1 号’(48.53 cm),10 个株系与‘中矮 1 号’差异不显著,其余 23 个株系显著高于‘中矮 1 号’。供试 34 个株系的基茎粗度为 0.77~1.19 cm,其中,6 个株系显著高于‘中矮 1 号’,9 个株系低于‘中矮 1 号’但差异不显著。供试 34 个株系的节间长度为 1.86~3.11 cm,其中,7 个株系小于‘中矮 1 号’(2.05 cm),2 个株系

达到显著水平;24 个株系显著高于‘中矮 1 号’。供试 34 个株系的尖削指数为 0.51~0.89,其中,4 个株系大于‘中矮 1 号’(0.73),株系‘11-1-1’和‘11-8-2’显著高于‘中矮 1 号’。经矮壮参数计算,34 个株系的矮壮参数为 89.06~157.50,其中,7 个株系的矮壮参数小于 119,被鉴定为紧凑型;27 个株系的矮壮参数大于 119,被鉴定为普通型;两种株型的 1 a 生苗木生长情况如图 1 所示。

表 2 不同 1 a 生梨株系的生长情况及株型

Table 2 Growth and plant types of different one-year-old pear strains

株系编号 Number of strain	株高/cm Plant height	基茎粗度/cm Thickness of basal stem	节间长度/cm Length of inter-node	尖削指数 Tapering index	矮壮参数 Dwarf-strong index	株型 Plant type
11-1-1	40.14	0.80	2.01	0.89 *	89.06	紧凑型 Compact type
11-8-8	45.89	0.86	1.86 *	0.79	100.05	紧凑型 Compact type
11-8-2	60.61 *	1.03	2.32 * *	0.84 *	102.74	紧凑型 Compact type
中矮 1 号 Zhongai 1	48.53	0.89	2.05	0.73	113.25	紧凑型 Compact type
10-1-2	52.00	0.78	2.15	0.75	113.28	紧凑型 Compact type
10-2-1	37.60 *	0.77	1.99	0.71	116.01	紧凑型 Compact type
10-1-3	41.92	0.91	2.03	0.71	116.95	紧凑型 Compact type
11-3-1	63.76 * *	0.78	1.97	0.69	117.89	紧凑型 Compact type
11-3-2	82.35 * *	1.04	2.24 *	0.72	119.49	普通型 Common type
11-3-3	44.72	0.88	1.87 *	0.66	121.06	普通型 Common type
11-8-3	66.50 * *	1.04	2.22	0.67	126.60	普通型 Common type
11-2-1	69.89 * *	1.00	2.46 * *	0.70	127.00	普通型 Common type
11-8-9	61.18 *	0.99	2.37 * *	0.67	129.70	普通型 Common type
11-8-1	45.84	0.85	1.96	0.60	131.41	普通型 Common type
11-8-5	58.17	1.08	2.46 * *	0.66	132.71	普通型 Common type
11-5-1	73.29 * *	1.12 *	2.74 * *	0.70	132.99	普通型 Common type
11-7-5	83.56 * *	1.07	2.56 * *	0.67	133.47	普通型 Common type
11-5-2	62.50 *	0.98	2.83 * *	0.70	135.39	普通型 Common type
11-8-6	59.50	0.93	2.31 * *	0.62	135.69	普通型 Common type
11-7-4	72.44 * *	0.86	2.73 * *	0.68	135.84	普通型 Common type
12-1-1	93.80 * *	1.07	2.67 * *	0.66	137.89	普通型 Common type
12-1-4	70.28 * *	0.97	2.79 * *	0.67	139.61	普通型 Common type
11-6-1	76.68 * *	0.91	2.80 * *	0.67	139.74	普通型 Common type
11-7-3	68.61 * *	1.07	2.74 * *	0.66	140.06	普通型 Common type
10-1-1	62.23 *	0.82	2.46 * *	0.61	140.33	普通型 Common type
11-8-7	78.92 * *	1.18 * *	2.23 * *	0.58 *	140.53	普通型 Common type
11-4-1	75.13 * *	1.05	2.29 * *	0.58 *	140.79	普通型 Common type
11-8-4	67.72 * *	1.11 *	2.56 * *	0.62	140.85	普通型 Common type
11-2-3	59.00	0.89	2.79 * *	0.65	141.60	普通型 Common type
11-7-2	70.92 * *	0.99	2.71 * *	0.63	144.11	普通型 Common type
12-1-3	81.16 * *	1.19 *	2.76 * *	0.62	145.12	普通型 Common type
12-1-2	81.67 * *	1.12 *	3.11 * *	0.67	146.05	普通型 Common type
10-3-1	59.45	0.99	2.04	0.51 * *	147.01	普通型 Common type
11-2-2	104.75 * *	1.09	2.56 * *	0.56 * *	149.80	普通型 Common type
11-7-1	104.46 * *	1.19 * *	2.79 * *	0.55 * *	157.50	普通型 Common type

注: * 和 * * 分别表示供试材料与‘中矮 1 号’相关性状在 $P\leq 0.05$ 和 $P\leq 0.01$ 水平下的显著差异。
Note: The * and * * represent the significantly different levels of corresponding characters between test material and ‘Zhongai 1’ at $P\leq 0.05$ and $P\leq 0.01$, respectively.

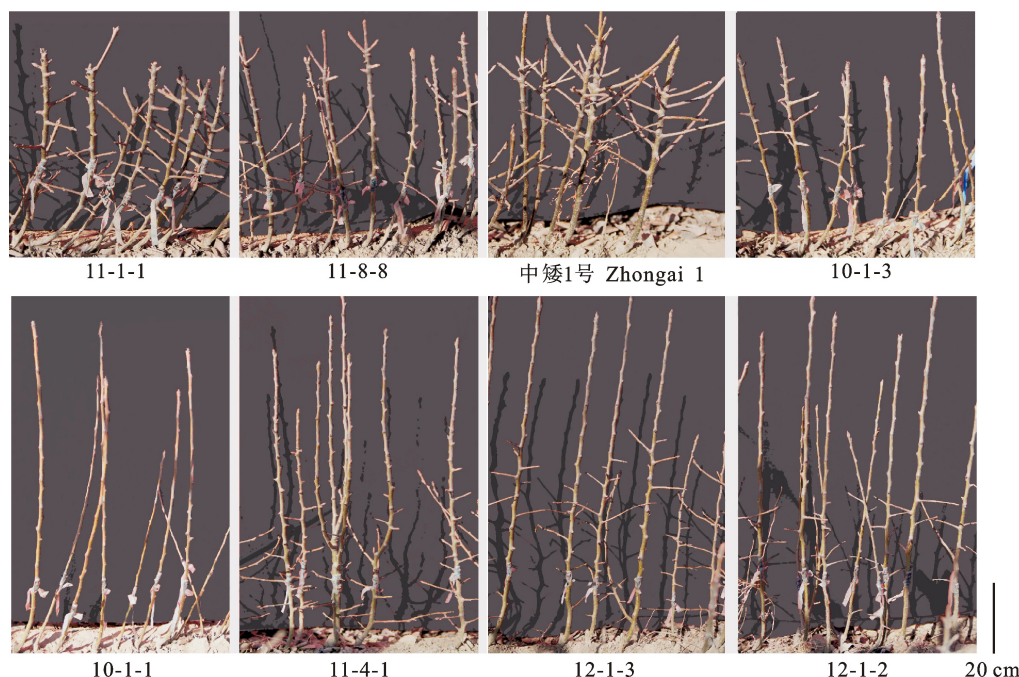


图 1 部分紧凑型和普通型梨 1 a 生苗

Fig. 1 One-year-old plants of partial compact type and common type pear

2.2 不同矮生株系作中间砧对 1 a 生‘早酥’梨生长发育的影响及砧木矮化潜力评价

对嫁接在矮生株系上的 1 a 生‘早酥’苗生长性状进行调查,由表 3 可知,不同矮生株系作中间砧可影响 1 a 生‘早酥’的株高、节间长度、干截面积、尖削指数和矮化程度。各嫁接树的株高为 60.00~132.00 cm,其中,25 个株系显著低于对照(131.56 cm)。各嫁接树的节间长度为 2.91~4.31 cm,仅‘10-2-1’1 个株系的节间长度(2.91 cm)显著低于对照(3.40 cm),株系‘11-7-5’(3.93 cm)显著高于对照,其余株系与对照无显著差异。各嫁接树的干截面积为 0.54~1.52 cm²,其中,15 个株系显著低于对照(1.25 cm²),株系‘10-2-1’最低,仅为 0.54 cm²。各嫁接树的尖削指数为 0.40~0.65,其中,8 个株系显著高于对照(0.43)。供试 34 个株系的矮化程度为 44.16%~112.91%,其中,4 个株系小于 60%,被评价为矮化砧木;11 个株系为 60%~80%,被评价为半矮化砧木;19 个株系大于 80%,被评价为乔化砧木。

2.3 不同矮生株系作中间砧对 2 a 生‘早酥’梨生长发育的影响

对定植后不同中间砧上的‘早酥’的生长发育情况进行了观测,结果表明,不同矮生株系作中间

砧对‘早酥’梨的生长依然存在一定影响。各嫁接树的株高为 77.50~135.25 cm,27 个株系显著低于对照(122.50 cm),11 个株系达极显著水平。各嫁接树的干截面积为 0.73~2.37 cm²,除‘12-1-1’(2.37 cm²)外,均小于对照(2.18 cm²),18 个株系达到显著水平。干截面积较上一年的增加幅度为 7.20%~130.77%,其中,25 个株系的增幅小于对照(74.4%)。各嫁接树的平均每株发出的枝条数量为 6.20~11.00 根,30 个中间砧株系嫁接树的发枝量少于对照(9.5 根),但差异均不显著。从枝类组成上来看,不同砧木间的差异较大,各嫁接树的短枝、中枝和长枝比例分别为 40.04%~91.16%、2.86%~30.56%和 0%~48.25%,其中,对照的短枝、中枝和长枝比例分别为 61.24%、18.57%和 18.00%,5 个株系的短枝比例显著高于对照,仅 1 个株系的长枝比例显著高于对照,而其他枝条比例均与对照无显著差异(表 4)。

2.4 砧穗生长性状相关性分析

分别对供试 34 个嫁接组合的砧穗生长相关性状进行相关性分析,由表 5 可知,接穗 1 a 生植株的株高、矮化程度、节间长度和 1 a、2 a 生植株的干截面积等指标均与砧木的株高、基茎粗度和矮壮参数等指标呈显著正相关;接穗 1 a 生植株

表 3 不同矮生株系作中间砧对 1 a 生‘早酥’梨苗生长发育的影响及砧木矮化潜力评价

Table 3 Growth of one-year-old ‘Zaosu’ pear plants and evaluation of dwarfing potential of inter-stocks under different dwarf strains as inter-stock

株系编号 Number of strain	株高/cm Plant height	节间长度/cm Length of inter-node	干截面积/cm ² Cross sectional area of trunk	尖削指数 Tapering index	矮化程度/% Dwarfing degree	矮化潜力评价 Evaluation of dwarfing potential
10-2-1	60.00 **	2.91 **	0.54 **	0.62 **	44.16	矮化 Dwarfing
10-1-2	72.00 **	3.19	0.68 **	0.65 **	54.53	矮化 Dwarfing
10-1-1	78.42 **	3.44	0.65 **	0.54 **	55.04	矮化 Dwarfing
10-1-3	82.00 **	3.19	0.73 **	0.46	59.97	矮化 Dwarfing
11-8-8	93.25 **	3.36	0.66 **	0.49 *	60.03	半矮化 Semi-dwarfing
11-5-2	82.56 **	3.45	0.79 **	0.47	63.02	半矮化 Semi-dwarfing
11-3-3	82.85 **	3.32	0.79 **	0.53 **	63.11	半矮化 Semi-dwarfing
11-8-1	97.53 **	3.37	0.74 **	0.51 **	65.17	半矮化 Semi-dwarfing
11-1-1	86.29 **	3.10	0.86 **	0.46	67.52	半矮化 Semi-dwarfing
11-6-1	91.00 **	3.41	0.87 **	0.51 **	69.43	半矮化 Semi-dwarfing
11-7-4	96.00 **	3.41	0.88 **	0.43	71.43	半矮化 Semi-dwarfing
11-8-3	105.10 **	3.34	0.86 **	0.49 *	73.24	半矮化 Semi-dwarfing
11-8-5	101.55 **	3.46	0.93 *	0.46	75.52	半矮化 Semi-dwarfing
11-3-2	106.54 **	3.58	0.90 *	0.43	75.59	半矮化 Semi-dwarfing
11-8-6	103.65 **	3.69	0.94 *	0.45	76.63	半矮化 Semi-dwarfing
12-1-4	101.64 **	3.48	1.06	0.45	81.78	乔化 Vigorous
11-2-3	105.20 **	3.51	1.04	0.46	81.91	乔化 Vigorous
11-8-2	113.24	3.55	1.00	0.46	82.43	乔化 Vigorous
11-8-4	108.58 *	3.49	1.03	0.47	82.45	乔化 Vigorous
12-1-2	112.41 *	3.54	1.04	0.41	84.10	乔化 Vigorous
11-7-5	108.50 **	3.93 **	1.08	0.41	84.83	乔化 Vigorous
11-8-9	116.25	3.74	1.04	0.43	85.27	乔化 Vigorous
11-7-3	114.35	3.52	1.07	0.42	86.13	乔化 Vigorous
11-5-1	104.93 **	3.58	1.16	0.46	87.58	乔化 Vigorous
11-7-2	108.75 *	3.49	1.16	0.45	88.74	乔化 Vigorous
10-3-1	103.00 **	3.25	1.25	0.40	91.32	乔化 Vigorous
11-2-1	109.82 *	3.52	1.22	0.43	91.95	乔化 Vigorous
12-1-3	111.85 *	3.58	1.22	0.42	92.57	乔化 Vigorous
11-3-1	124.81	3.73	1.14	0.44	92.67	乔化 Vigorous
11-4-1	123.14	3.51	1.22	0.42	96.00	乔化 Vigorous
11-2-2	116.31	4.31 **	1.30	0.41	97.76	乔化 Vigorous
11-7-1	129.25	3.66	1.25	0.44	99.30	乔化 Vigorous
CK	131.56	3.40	1.25	0.43	100.00	乔化 Vigorous
11-8-7	132.00	3.76	1.27	0.41	101.09	乔化 Vigorous
12-1-1	131.38	3.61	1.52	0.46	112.91	乔化 Vigorous

注:数据后面的 * 和 ** 分别表示供试材料与对照相关性状在 $P \leq 0.05$ 和 $P \leq 0.01$ 水平下的显著差异。下同。

Note: * and ** following data represent the significantly different levels of corresponding characters between test material and control at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$, respectively. The same below.

表 4 不同矮生株系作中间砧 2 a 生‘早酥’梨苗生长发育

Table 4 Growth of two-year-old ‘Zaosu’ pear plants under different dwarf strains as inter-stock

株系编号 Number of strain	株高/cm Plant height	干截面积/cm ² Cross sectional area of trunk	干截面积增长率/% Increasing rate of cross-sectional area of trunk	枝条数量 Number of shoot	枝类组成 Composition of shoots		
					长枝比例/% Percentage of long shoot	中枝比例/% Percentage of middle-long shoot	短枝比例/% Percentage of short shoot
10-3-1	90.25**	1.34**	7.20	10.60	0.00	8.84	91.16**
11-1-1	107.33*	1.37**	59.30	6.80	12.30	2.86	84.84*
11-3-2	90.00**	1.58*	75.56	10.20	2.00	13.33	84.67*
10-1-2	78.75**	1.26**	85.29	9.20	6.26	11.37	82.37*
11-6-1	92.33**	1.70	95.40	10.00	8.33	9.60	82.07*
11-8-1	87.40**	1.21**	63.51	7.50	2.78	16.63	80.60
10-1-3	110.67	1.12**	53.42	8.00	7.56	12.22	80.22
10-1-1	92.20**	1.50**	130.77	8.80	14.26	6.04	79.70
11-7-5	100.20*	1.35**	25.00	8.40	17.71	2.86	79.43
11-7-4	122.80	1.99	126.14	6.00	17.95	3.13	78.93
11-8-8	112.75	1.48	124.24	8.00	14.36	6.86	78.79
11-3-3	104.00*	1.52*	92.41	9.20	12.04	10.04	77.92
11-5-2	92.40**	1.31**	65.82	9.00	9.00	15.94	75.06
12-1-2	100.50*	1.41**	35.58	8.80	17.29	8.26	74.45
11-8-4	98.33*	1.42**	37.86	8.25	12.15	18.06	69.79
11-8-3	95.25**	1.03**	19.77	8.00	16.69	13.67	69.64
11-8-5	93.40*	1.45**	55.91	9.00	9.72	22.22	68.06
11-4-1	103.00*	1.80	47.54	11.00	13.75	18.33	67.92
11-8-2	103.75*	1.68	68.00	8.20	24.90	8.21	66.89
11-2-3	135.25	1.82	75.00	8.25	21.18	12.15	66.67
11-8-7	100.00*	1.70	33.86	7.00	15.87	17.86	66.27
11-2-2	99.50*	1.57*	20.77	10.50	18.06	15.97	65.97
10-2-1	77.50**	0.73**	35.19	6.20	13.48	20.61	65.91
11-7-3	98.60*	1.71	59.81	7.20	15.00	19.17	65.83
11-7-1	90.00**	1.98	58.40	9.00	19.17	15.11	65.72
11-3-1	120.20	1.74	52.63	7.50	24.16	13.54	62.30
CK	122.50	2.18	74.40	9.50	18.00	18.57	61.24
11-7-2	98.60*	1.63	40.52	8.00	27.67	11.43	60.90
11-2-1	113.40	1.61*	31.97	9.50	24.33	15.14	60.54
12-1-4	108.33*	1.64	54.72	8.00	25.00	16.67	58.33
11-5-1	113.80	1.72	48.28	7.20	29.87	15.30	54.83
11-8-6	89.50**	1.47**	56.38	7.25	15.63	30.56	53.82
12-1-3	103.80*	1.83	50.00	8.00	34.44	12.38	53.17
11-8-9	109.40*	1.85	77.88	9.00	40.74	11.11	48.15
12-1-1	100.30*	2.37	55.92	10.40	48.25**	11.71	40.04

的尖削指数和短枝比例等指标与砧木的株高、基
茎粗度、节间长度呈显著负相关;除接穗的尖削指
数外,接穗的各指标之间与砧木的尖削指数均呈
负相关,接穗的株高、干截面积、矮化程度、节间长
度和中枝比例呈显著负相关;砧木的节间长度与
接穗 1 a 生植株的干截面积、矮化程度、节间长

度、尖削指数和 2 a 生植株的干截面积、长枝比例呈显著正相关,与 2 a 生植株的短枝比例呈显著负相关;接穗 2 a 生植株的枝条数量与砧木的株高呈显著正相关。由此可见,砧木 1 a 生植株的株高、基茎粗度、节间长度、矮壮参数等指标与接穗诸多生长指标关系密切,可以作为矮化砧木的前期预选指标。

表 5 梨砧穗间生长性状相关性分析

Table 5 Correlation analysis of pear growth characters between inter-stock and scion

性状 Character	1 a 生植株 One year old plant					2 a 生植株 Two years old plant				
	株高 Plant height	干截面积 Cross sectional area of trunk	矮化程度 Dwarfing degree	节间长度 Length of inter-node	尖削指数 Tapering index	干截面积 Cross sectional area of trunk	枝条数量 Number of shoot	长枝比例 Percentage of long shoot	中枝比例 Percentage of middle-long shoot	短枝比例 Percentage of short shoot
株高 Plant height	0.71 **	0.74 **	0.75 **	0.75 **	−0.54 **	0.60 **	0.41 *	0.37 *	0.02	−0.35 *
基茎粗度 Thickness of basal stem	0.70 **	0.69 **	0.71 **	0.55 **	−0.63 **	0.37 *	0.27	0.30	0.22	−0.38 *
节间长度 Length of inter-node	0.32	0.42 **	0.40 *	0.38 *	−0.36 *	0.46 **	0.10	0.38 *	0.00	−0.35 *
尖削指数 Tapering index	−0.38 *	−0.45 **	−0.44 **	−0.39 *	0.30	−0.18	−0.33	0.04	−0.36 *	0.14
矮壮参数 Dwarf-strong index	0.44 **	0.54 **	0.52 **	0.47 **	−0.40 *	0.36 *	0.30	0.15	0.28	−0.27

注:纵向为砧木性状,横向为接穗性状;*表示横纵向指标显著相关($P\leq 0.05$),**表示极显著相关($P\leq 0.01$)。
Note: The characters in longitudinal and transverse columns were inter-stock and scion, respectively. * and ** indicate significantly correlative at $P\leq 0.05$ and $P\leq 0.05$, respectively.

3 讨论与结论

应用矮化砧木和矮化品种是实现果树矮化的常见方式,砧木的株高、茎粗、节间长度等性状反映了其本身长势的强弱,是选育矮化品种的必要评价指标。本研究中选用的 34 个株系均具有植株矮化、基茎粗度小、节间长度短、尖削指数大等特点,1 a 生植株的平均株高均低于‘早酥’的 131.56 cm(表 2~3),其中 18 个株系更是在‘早酥’的 50% 以下,除‘12-1-2’外,各株系的节间长度均在 3 cm 以下,株型相对矮化紧凑,是培育矮化品种的优良试材。但采用贾敬贤等^[13]的方法进行株型鉴定,仅 7 个株系的矮壮参数小于 119,被鉴定为紧凑型(表 2)。这可能是由于受基因型、环境、气候等因素的影响,矮壮参数小于 119 也不一定是划分紧凑型与普通型梨的绝对指标。从筛选出来的株系作中间砧对接‘早酥’梨的矮化效果来看,矮壮参数大于等于 140.53(11-8-7)的 10 个株系,虽然与对照比也有一定的矮化效果,但矮化程度均在 80% 以上,均被评价为乔化砧木;而矮壮参数小于 140.53 的 24 个株系的 1 a 生株高均小于 100 cm,均具有矮化紧凑的表型,

但只有其中 15 个株系对接穗的矮化程度在 80% 以下,‘11-3-1’和‘11-8-2’2 个株系的矮壮参数都小于 119,也没有明显的矮化效果(表 2~3)。由此可见,具有一定矮化效果的砧木均表现出矮化紧凑的表型,但表现出矮化紧凑表型的砧木仅有一定概率具有矮化效果,这与本课题组前期的研究结果一致^[3]。虽然本研究中表现矮生性状的砧木仅有 71.43% 的概率作中间砧具有良好的矮化效果,但从砧木与接穗生长指标的相关性来看,砧木 1 a 生植株的株高、基茎粗度、节间长度和矮壮参数等指标与接穗的许多生长指标均密切相关(表 5),这些指标依然可以作为梨矮化砧木的前期预选指标,能够在一定程度上提高矮化砧木育种效率。

研究表明,砧木能够改变接穗的表型特征,应用不同的中间砧木对接穗品种的树体矮化程度、新梢生长量、发枝量、枝类组成等多个性状产生影响,树势越矮化,新梢生长量越少,短枝率越高,越有利于果树的营养积累^[14-18]。在研究砧木的矮化效应时,嫁接品种的株高、节间长度、干截面积、枝类组成等指标是矮化程度的直观表现,常用作果树矮化砧木致矮程度的指标。赵德英等^[19]在苹

果上的研究发现,矮化中间砧可以通过降低树体高度、减小干横截面积和节间长度等达到致矮效果。顾文毅等^[20]在以矮化砧木嫁接青海地产软儿梨的研究中发现,与对照相比,矮砧苗具有更短的节间长度和更高的尖削指数。李民吉等^[21]研究发现,5种SH系矮化中间砧中嫁接富士表现较好的SH6具有树体小,短枝比例高的特点。本研究中鉴定出的部分矮化和半矮化型砧木作中间砧对嫁接‘早酥’梨的株高、干截面积和节间长度均有一定的抑制作用,且显著增加了短枝比例,与前人研究结果一致。不同的矮化砧木品种对不同嫁接品种的矮化效应不同,‘早酥’梨生长势强,树体高大,且具有较好的栽培适应性^[22],是典型的乔化品种,本研究采用‘早酥’作为嫁接品种进行矮化潜力鉴定具有一定的代表性,但筛选出来的这些矮化砧木对成花坐果、果实品质和抗性等指标,以及对其他梨品种的影响还需做进一步研究。

总之,本研究鉴定出的4个矮化和11个半矮化砧木资源,不仅矮化紧凑,且在‘早酥’梨上初步表现出了较好的矮化效果,为梨矮化砧木新品种的选育奠定了基础。砧木1a生植株的株高、基茎粗度和节间长度等指标与接穗的株高、干截面积和矮壮参数等生长指标密切相关,可以作为梨矮化砧木的前期预选指标。

参考文献 Reference:

- [1] 姜淑苓,贾敬贤,王斐,等.三个梨树中间砧木对嫁接树的矮化效应[J].中国农业科学,2010,43(23):4886-4892.
JIANG SH L, JIA J X, WANG F, et al. The dwarfing effect of three pear dwarfing intermediate stocks on grafting trees [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(23): 4886-4892.
- [2] 董铁,王红平,孙文泰,等.不同矮化中间砧对‘长富2号’苹果生长特性、叶片生理及果实品质的影响[J].果树学报,2020,37(12):1846-1855.
DONG T, WANG H P, SUN W T, et al. Effects of different dwarfing interstocks on tree growth characteristics, leaf physiology and fruit quality of ‘Nagano Fuji No. 2’ apple [J]. *Journal of Fruit Science*, 2020, 37(12): 1846-1855.
- [3] 欧春青,姜淑苓,王斐,等.梨矮生优系的筛选及砧穗生长性状相关性分析[J].中国南方果树,2016,45(5):108-112.
OU CH Q, JIANG SH L, WANG F, et al. Selection of dwarf single pears and correlation analysis of growing characters between rootstock and scion [J]. *South China Fruit Tree*, 2016, 45(5): 108-112.
- [4] 魏树伟,董肖昌,董冉,等.矮化中间砧中矮1号对纺锤形黄冠梨树体结构的影响[J].中国南方果树,2018,47(S1):64-66.

- WEI SH W, DONG X CH, DONG R, et al. Effect of dwarfing interstock Zhongai 1 on the structure of spindle shaped Huangguanpear[J]. *South China Fruits*, 2018, 47(S1): 64-66.
- [5] 贾敬贤,徐长兰.梨杂种后代株型和株高的遗传分析[J].果树科学,1989,6(2):73-76.
JIA J X, XU CH L. The analysis of the heredity of tree type and tree height of pear selections[J]. *Journal of Fruit Science*, 1989, 6(2): 73-76.
- [6] 贾敬贤,陈长兰.紧凑型梨的生长、解剖和生化特性研究[J].园艺学报,1985,12(4):228-232.
JIA J X, CHEN CH L. Studies on the growth, anatomy and biochemistry of some compact-type pear selections[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 1985(4): 228-232.
- [7] 贾敬贤.用回归方法早期鉴定梨的紧凑型[J].中国果树,1986(4):38-41.
JIA J X. The early identification of dwarf pear by regression method[J]. *China Fruits*, 1986(4): 38-41.
- [8] 欧春青,姜淑苓,王斐,等.梨矮化砧木新品种‘中矮5号’[J].园艺学报,2016,43(3):603-604.
OU CH Q, JIANG SH L, WANG F, et al. A new pear dwarfing rootstock cultivar ‘Zhongai 5’ [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2016, 43(3): 603-604.
- [9] 姜淑苓,欧春青,王斐,等.梨矮化中间砧新品种‘中矮4号’的选育[J].果树学报,2016,33(5):633-636.
JIANG SH L, OU CH Q, WANG F, et al. A new interstock cultivar for pear dwarf cultivation ‘Zhongai 4’ [J]. *Journal of Fruit Science*, 2016, 33(5): 633-636.
- [10] 姜淑苓,欧春青,王斐,等.梨矮化砧木新品种‘中矮3号’[J].园艺学报,2012,39(12):2525-2526.
JIANG SH L, OU CH Q, WANG F, et al. A new pear dwarfing rootstock cultivar ‘Zhongai3’ [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2012, 39(12): 2525-2526.
- [11] 姜淑苓,陈长兰,贾敬贤,等.梨矮化砧木新品种‘中矮2号’[J].园艺学报,2006,33(6):1402.
JIANG SH L, CHEN CH L, JIA J X, et al. A new dwarf rootstock of pear ‘Zhongai 2’ [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2006, 33(6): 1402.
- [12] 姜淑苓,贾敬贤,纪宝生,等.梨矮化砧木——中矮1号[J].中国果树,2000(3):1-3.
JIANG SH L, JIA J X, JI B SH, et al. A dwarf root——stock of pear ‘Zhongai 1’ [J]. *China Fruits*, 2000(3): 1-3.
- [13] 贾敬贤,陈长兰,龚欣.梨种质资源矮化性状鉴定[J].作物品种资源,1991(4):14-16.
JIA J X, CHEN CH L, GONG X. Identification of dwarfing traits of pear germplasm resources [J]. *Crop Species Germplasm Resources*, 1991(4): 14-16.
- [14] 陈汝,薛晓敏,高兴永,等.不同矮化中间砧对红将军苹果树体生长、光合及产量和品质的影响[J].江苏农业科学,2021,49(3):133-137.
CHEN R, XUE X M, GAO X Y, et al. Effects of different

- dwarfing interstocks on growth, photosynthesis, yield and quality of Red General apple[J]. *Jiangsu Agricultural Science*, 2021, 49(3):133-137.
- [15] 万述伟, 赵爱鸿, 沙广利, 等. 矮化中间砧对‘嘎拉’苹果树前期生长的影响[J]. 中国果树, 2016(1):6-10.
WAN SH W, ZHAO A H, SHA G L, *et al.* Effects of dwarfing interstocks on early growth of ‘Gala’ apple trees [J]. *China Fruits*, 2016(1):6-10.
- [16] KOEPKE T, DHINGRA A. Rootstock scion somatogenetic interactions in perennial composite plants[J]. *Plant Cell Reports*, 2013, 32(9):1321-1337.
- [17] 曹敏格, 杨海玲, 张 文, 等. 苹果砧木矮化性评价指标的研究[J]. 中国农业大学学报, 2008, 13(5):11-18.
CAO M G, YANG H L, ZHANG W, *et al.* Parameters for evaluating dwarfing ability in apple rootstocks[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2008, 13(5):11-18.
- [18] 李京一. 梨不同砧穗组合的适应性研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2019.
LI J Y. Study on adaptability of different scion-stock combinations of pear[D]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University, 2019.
- [19] 赵德英, 袁继存, 徐 锴, 等. 不同砧穗组合对嘎啦苹果树体形态及养分分配的影响[J]. 上海农业学报, 2017, 33(1):99-106.
- ZHAO D Y, YUAN J C, XU K, *et al.* Effects of different stock-scion combinations on morphology and distribution characteristics of mineral nutrient in gala apple tree[J]. *Acta Agricultural Shanghai*, 2017, 33(1):99-106.
- [20] 顾文毅, 刘小利. 矮化砧木在青海地产软儿梨树上的应用[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(21):8932-8933.
- GU W Y, LIU X L. Study on the application of dwarf rootstock in soft pear of Qinghai province[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2013, 41(21):8932-8933.
- [21] 李民吉, 张 强, 李兴亮, 等. SH 系矮化中间砧对‘富士’苹果树体生长、产量和果实品质的影响[J]. 园艺学报, 2018, 45(10):1999-2007.
- LI M J, ZHANG Q, LI X W, *et al.* Effects of five different dwarfing interstocks of SH on growth, light distribution, yield and fruit quality in ‘Fuji’ apple trees[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2018, 45(10):1999-2007.
- [22] 姜淑苓, 贾敬贤, 马 力. 早酥梨栽培适应性及育种利用价值[J]. 中国果树, 1999(4):23-24.
- JIANG SH L, JIA J X, MA L. Cultivation adaptability and breeding value of Zaosu pear[J]. *China Fruits*, 1999(4):23-24.

Effect of Screening of Pear Dwarf Strains and Pear Dwarf Strains as Inter-stock on Growth and Development of Young Trees of ‘Zaosu’ Pear

LI Jiachun, YANG Guanyu, WANG Fei, ZHANG Yanjie, MA Li,
OU Chunqing and JIANG Shuling

(Research Institute of Pomology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Biology
and Genetic Improvement of Horticultural Crops Germplasm Resources Utilization, Ministry of
Agriculture and Rural Affairs, Xingcheng Liaoning 125100, China)

Abstract To breed excellent pear dwarfing rootstocks and enrich the pear dwarfing rootstock resources, 34 dwarf pear strains were selected from the hybrid progenies in this study. As inter-stock, the dwarf characteristic, dwarfing effect and character correlations between inter-stocks and scions were evaluated by investigating the growth and development of the 34 dwarf strains and the ‘Zaosu’ scions. The results showed that most of the 34 strains were characterized with dwarf, thin stem and short inter-node length, and the dwarf and strong index in 7 of the 34 strains was less than 119, which was identified as compact type. All of the 34 strains used as inter-stock had an inhibitory effect on the growth of ‘Zaosu’ scions. 4 of the strains were evaluated as dwarfing rootstocks the dwarfing degree was lower than 60%, and 11 of the strains were evaluated as semi-dwarfing rootstocks, the dwarfing degree were between 60% and 80%. Among the selected 15 inter-stocks which had significant dwarfing effect on scion, 5 inter-stocks significantly increased the percentage of short shoots of two years old ‘Zaosu’ plant. The plant height, basal stem thickness, inter-node length and dwarf-strong index of one year old rootstocks were significantly correlated with the plant height, trunk cross-sectional area and inter-node length of the scion, and this would be used as the pre-selecting parameters for dwarfing pear rootstock.

Key words Pear; Inter-stock; Dwarfing; Superior hybrid strains; Rootstock evaluation

Received 2021-08-03

Returned 2021-10-27

Foundation item Agricultural Science and Technology Innovation Program of Chinese Academy of Agricultural Sciences(No. CAAS-ASTIP-2016-RIP); Fundamental Research Funds for Central Non-profit Scientific Institutions(No. Y2019XK16-01); National Key Research and Development Program of China(No. 2021YFE0190700).

First author LI Jiachun, female, master student. Research area: breeding of pear dwarfing rootstock. E-mail: lijchun@163.com

Corresponding author JIANG Shuling, female, master, research fellow, master supervisor. Research area: pear genetics and breeding. E-mail: jiangshuling@caas.cn

OU Chunqing, male, Ph. D, associate research fellow. Research area: breeding of new pear varieties and dwarfing rootstocks and genetic mechanism of related agronomic characters. E-mail: ouchunqing@caas.cn

(责任编辑:史亚歌 Responsible editor: SHI Yage)