

实生苗嫁接对红麻细胞质雄性不育系与保持系的生长发育及越冬抗寒性的影响

黄其椿^{1,2} 赵洪涛² 刘吉敏³ 周瑞阳¹ 赵艳红^{1,2} 王杰¹ 李初英²

1. 广西大学农学院, 南宁 530005; 2. 广西农业科学院经济作物研究所, 南宁 530007;
3. 广西南宁市房产管理局白蚁防治所, 南宁 530023

摘要 为使红麻细胞质雄性不育系和保持系在华南地区安全越冬, 实现多年生栽培, 将不育系的繁殖固定于较低的回交世代, 以抗寒性较强的红麻野生种 H040、P3A×H040 杂交种为砧木, P3A、P3B 的实生苗为接穗, 并以本砧嫁接为对照, 探讨嫁接对红麻雄性不育系和保持系的生长发育及越冬抗寒性的效应。聚类分析和隶属函数分析结果显示: 抗寒性强弱可划分为 5 类, 红麻野生种 H040 和杂交组合 P3A×H040 抗寒性最强, 为 1 级; P3A/P3A×H040 和 P3A/H040 抗寒性较强, 2 级; P3A CK 和 P3A/P3B CK 抗寒性中等, 3 级; P3B/P3A×H040 和 P3B/H040 抗寒性较弱, 4 级; P3B/P3A 和 P3B CK 抗寒性最弱, 5 级。以抗寒性较强的实生苗为砧木嫁接可提高红麻接穗的抗寒性。

关键词 红麻(*Hibiscus cannabifolius* L.); 细胞质雄性不育; 嫁接; 抗寒性

中图分类号 S 563.5 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2013)03-0008-07

红麻(*Hibiscus cannabifolius* L.) 属锦葵科(Malvaceae)木槿属(*Hibiscus*), 一年生韧皮纤维作物。红麻纤维产量高、适应性广、抗逆性强、耐旱、易栽培, 在我国华南至东北、新疆均可种植。红麻具有巨大的生物产量, 极强的 CO₂ 吸收能力, 以及用途广泛等突出优点, 而被称为“21 世纪的优势作物”^[1]。杂种优势利用长期以来是红麻育种的热点和难点^[2-5]。2001 年, 广西大学周瑞阳教授在红麻野生种 UG93 中发现了 1 株雄性不育突变体^[6]。2004 年选育出了红麻细胞质雄性不育系 K03A; 2007 年又鉴定了 6 个红麻细胞质雄性不育系, 之后, 红麻杂种优势利用取得突破性进展^[7-12]。但进一步的研究发现, 红麻细胞质雄性不育系在繁殖过程中, 随着不育系与保持系回交世代数的提高, 雄性不育系出现微量或少量花粉, 由此将影响杂交种子的纯度。植物细胞质雄性不育的不稳定性是一个普遍存在的问题。在高粱、水稻、小麦、油菜、大豆、棉花等作物上都有这种现象发生^[13-14]。红麻也存在这个问题。若能使红麻细胞质雄性不育系和保持系在华南地区安全越冬, 实现多年生栽培, 将不育系的繁殖固定于较低的回交世代, 将使上述问题得到解决。

对其他作物的研究发现, 以抗寒性较强的材料为砧木嫁接, 可以显著提高接穗的抗寒性^[15-16], 但要求砧木对接穗的生长发育没有不利效应, 红麻的嫁接试验迄今尚未见报道。本研究以抗寒性较强的红麻野生种 H040 及 P3A×H040 的实生苗为砧木, 以不育系和保持系的实生苗为接穗, 研究嫁接对红麻雄性不育系和保持系的生长发育及越冬抗寒性的效应, 以期建立红麻雄性不育系的多年生保持与杂交种子生产技术体系提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

以红麻野生种 H040、P3A×H040 杂交种的实生苗为砧木, 以细胞质雄性不育系 P3A 及其保持系 P3B 的实生苗为接穗, 以砧木和接穗实生苗为对照。设 10 个处理: ① P3A/P3A×H040 (接穗/砧木); ② P3A/H040; ③ P3A/P3B; ④ P3A CK1 (不育系实生苗对照); ⑤ P3A×H040 CK3 (杂交种砧木实生苗对照); ⑥ H040 CK4 (野生种砧木实生苗对照); ⑦ P3B/P3A×H040; ⑧ P3B/H040; ⑨ P3B/P3A; ⑩ P3B CK2 (保持系实生苗对照)。随机区组设计,

收稿日期: 2012-04-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(30771270)

黄其椿, 硕士, 助理研究员. 研究方向: 麻类作物育种和栽培. E-mail: hqchun1288@sina.com

通讯作者: 周瑞阳, 博士, 教授. 研究方向: 作物雄性不育与杂种优势利用. E-mail: ry_zhou@tom.com

3 次重复, 小区面积 2 m×3 m, 3×10 株。

1.2 试验调查及相关指标测定

现蕾期、开花期、结果期及果实成熟期调查株高、茎粗; 成熟期调查叶片数量, 收获期调查着果密度、千粒重、种子产量等。2009 年初调查越冬抗寒性(用梢部枯死长度和越冬成活率表示)。

同时, 分期测定抗寒相关的主要生理生化指标, 测定方法参照文献 [17]。

1.3 数据处理

用 Microsoft office 2003 和 DPS6.55 数据处理软件进行数据处理, 用 Duncan's 新复极差法进行方差分析。

为全面准确地利用多种指标对抗寒性进行综合评价, 克服单一指标的不足, 采用模糊数学隶属公式对试验原始数据进行定量转换, 以综合评价红麻各个处理的抗寒性。隶属函数值的计算具体如下:

(1) 各指标的隶属函数值。如果某一指标与抗寒性呈正相关, 则公式为:

$$X_{(U)} = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$$

如果某一指标与抗寒性呈负相关, 则公式为:

$$X_{(U)} = 1 - (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$$

X 为某一指标的测定值; X_{\min} 为某一指标的测定值中的最小值, X_{\max} 为某一指标的测定值中的最大值。

对叶片数量、茎含水量、越冬成活率、可溶性糖、脯氨酸、可溶性蛋白采用隶属函数计算, 对着果密度、种子产量、茎含水量、电导率、MDA、死亡率采用反隶属函数计算。

(2) 平均值 (Δ)。用隶属函数法评定时, Δ 越大, 抗寒性就越强, 再配以恰当的指标, 就能比较准确地评定处理间的抗寒性强弱。

2 结果与分析

2.1 嫁接对接穗生长发育的效应

1) 嫁接对接穗生育期的效应。由表 1 可知, 嫁接对红麻接穗的现蕾、开花、结果、成熟期影响并不大, 不会出现花期不遇的问题。由表 1 还可以看出, P3A×H040(杂交种砧木对照) 和 H040(野生种砧木对照) 从播种至成熟时间最长, 表现最迟熟。

2) 嫁接对接穗株高及茎粗的效应。从各个发育时期的株高及茎粗调查结果(表 2) 可知, 不育系和保持系的嫁接株均比接穗对照的株高要矮, 茎粗较细; P3A×H040 作砧木的嫁接株的株高和茎粗要比砧木对照的矮和细; H040 作砧木的株高前期比对照显著高, 后期显著低, 茎粗无显著差异。这说明, 以 P3A×H040 和 H040 作砧木的红麻不育系和保持系嫁接均使株高矮化, 有利于杂交制种和防止倒伏。

表 1 嫁接对现蕾、开花、结果、成熟期的效应¹⁾

Table 1 Impact of grafting on squaring, flowering, seeding, maturity

处理(接穗/砧木) Treatments(Scion/Rootstock)	至现蕾时间 Time to squaring	至开花时间 Time to flowering	至结果时间 Time to seeding	至成熟时间 Time to maturity
P3A/P3A×H040	92.27±1.51 de	103.40±1.38 c	115.67±2.27 cd	172.20±3.71 b
P3A/H040	95.57±2.03 bc	108.06±1.10 b	116.87±2.31 c	162.53±5.56 cd
P3A/P3B	92.85±1.85 de	104.33±1.45 c	116.23±2.26 c	165.33±3.58 c
P3A CK (不育系接穗对照) (CMS scions CK)	91.07±2.80 e	103.40±1.44 c	113.47±1.01 e	175.57±4.59 b
P3A×H040(杂交种砧木对照) (Hybrid rootstocks CK)	96.40±1.44 b	110.07±0.80 b	121.13±1.33 b	189.90±4.02 a
H040(野生种砧木对照) (Wild rootstocks CK)	118.27±0.64 a	126.57±2.64 a	143.47±3.06 a	188.60±3.68 a
P3B/P3A×H040	92.87±0.90 de	103.60±0.87 c	112.87±3.61 e	159.89±4.25 d
P3B/H040	93.80±1.35 cd	104.80±1.30 c	113.90±1.20 de	159.33±3.78 d
P3B/P3A	93.03±1.56 de	104.70±0.79 c	113.07±2.08 e	161.60±3.13 cd
P3B CK(保持系接穗对照) (Maintainer scions CK)	92.33±1.30 de	102.60±0.91 c	111.87±1.63 e	162.83±3.30 cd

1) 不同小写字母分别表示差异分析达到 1% 和 5% 显著水平, 下同。Different small case letters represent significant differences at 1% and 5% level respectively, the same as below.

2.2 嫁接对接穗抗寒性的效应

1) 结实性。从田间调查结果(表 3) 可以看出:

保持系实生苗或其作接穗处理的着果密度均比不育系嫁接株或实生株的显著大; 总体上看, 保持系嫁接

表 2 不同生育期的株高和茎粗
Table 2 Plant height and stem diameter at different growth stages

处理(接穗/砧木) Treatments(Scion/Rootstock)	现蕾期 Squaring stage			开花期 Flowering stage			结果期 Seeding stage			成熟期 Maturity stage		
	株高 Height	茎粗 Diameter	cm	株高 Height	茎粗 Diameter	cm	株高 Height	茎粗 Diameter	cm	株高 Height	茎粗 Diameter	cm
P3A/P3A×H040	155.73±13.74 b	0.780±0.087 b		202.80±24.38 c	1.012±0.09 bc		211.80±34.66 b	1.057±0.09 bc		228.20±33.28 c	1.175±0.08 d	
P3A/H040	151.87±15.10 b	0.757±0.092 bc		177.87±19.80 d	0.886±0.11 c		195.30±32.73 bc	0.973±0.09 c		255.36±28.84 c	1.272±0.06 c	
P3A/P3B	156.83±12.10 b	0.777±0.065 bc		210.77±22.86 c	1.087±0.08 b		212.20±25.83 b	1.095±0.07 b		242.66±17.78 c	1.324±0.04 c	
P3A CK	204.60±15.41 a	0.968±0.101 a		261.93±22.83 a	1.243±0.11a		273.87±23.49 a	1.333±0.11 a		291.13±29.84 b	1.481±0.11 b	
P3A×H040 CK	196.67±12.77 a	0.944±0.084 a		239.00±11.47 b	1.153±0.10 a		261.00±10.09 a	1.239±0.06 a		329.93±26.21 a	1.616±0.09 a	
H040 CK	131.30±10.06 c	0.686±0.094 c		170.50±13.83 d	0.891±0.07 c		183.67±19.26 c	0.960±0.09 c		271.13±19.18 b	1.313±0.03 c	
P3B/P3A×H040	158.13±15.61 b	0.813±0.141 b		207.39±18.91 c	1.058±0.08 b		213.00±25.85 b	1.087±0.09 b		237.33±33.28 c	1.180±0.08 d	
P3B/H040	158.73±10.65 b	0.809±0.103 b		204.43±19.17 c	1.005±0.09 bc		209.47±24.11 bc	1.030±0.11 bc		247.50±18.88 c	1.254±0.06 cd	
P3B/P3A	158.93±10.77 b	0.832±0.071 b		204.03±18.92 c	1.094±0.13 b		214.77±34.68 b	1.131±0.07 b		254.33±18.87 c	1.301±0.03 c	
P3B CK	198.60±9.07 a	0.979±0.109 a		245.93±13.11 ab	1.219±0.09 a		264.00±5.61 a	1.309±0.07 a		283.89±23.65 b	1.434±0.07 b	

表 3 不同处理的生长状况

Table 3 Growth status of the different treatment

处理(接穗/砧木) Treatments (Scion/Rootstock)	着果密度/(个/m) Fruit density	种子产量/g Seeds yield	100 cm 叶片数量 No. of leaves	成熟期茎含水量/% Water content of maturity stem	枯萎程度(1月15日) Wilt degree (January 15)	3月18日越冬成活率 Survival rate on March 18
P3A/P3A×H040	47.51±11.32 c	85.33±17.16 e	184.0±21.0 b	70.54±1.79 abc	3.72±1.19 c	61.25±8.64 bc
P3A/H040	43.67±5.27 c	81.00±20.66 e	169.0±16.0 b	73.69±3.33 a	3.98±1.32 c	57.82±14.86 bc
P3A/P3B	46.51±6.56 c	126.00±36.66 d	99.7±21.5 c	64.78±7.34 c	6.11±3.06 c	65.02±15.41 b
P3A CK	46.29±7.27 c	130.33±24.68 cd	160.7±10.0 b	66.28±5.19 bc	4.87±1.75 c	57.16±13.63 bc
P3A×H040 CK	69.18±22.10 b	38.58±6.46 f	242.3±79.2 a	69.93±5.69 abc	0 d	88.55±6.94 a
H040 CK	42.54±16.01 c	39.33±7.27 f	233.0±20.4 a	72.49±2.37 ab	0 d	94.79±2.39 a
P3B/P3A×H040	88.90±17.31 a	199.33±63.26 bc	56.7±17.0 d	53.32±1.95 d	27.18±4.97 a	34.74±6.91de
P3B/H040	96.53±12.11 a	212.00±71.36 b	111.7±12.0 c	55.25±2.40 d	19.60±5.41 b	45.21±5.23 cd
P3B/P3A	76.70±13.85 ab	384.67±64.93 a	40.0±8.88 d	50.66±3.31 d	21.69±4.69 b	46.92±8.46 cd
P3B CK	95.66±11.01 a	382.33±63.72 a	31.7±12.5 d	36.74±4.25 e	28.42±4.34 a	31.22±11.40 e

表 4 不同发育时期与抗寒相关的生理生化指标¹⁾

处理 Treatments	相对电导率/% Conductivity					可溶性糖/% Soluble sugar					脯氨酸/($\mu\text{g/g}$) Proline					可溶性蛋白/(mg/g) Soluble proteins					丙二醛/(nmol/g) MDA				
	现蕾期 I	开花期 II	结果期 III	成熟期 IV	收获期 V	现蕾期 I	开花期 II	结果期 III	成熟期 IV	收获期 V	现蕾期 I	开花期 II	结果期 III	成熟期 IV	收获期 V	现蕾期 I	开花期 II	结果期 III	成熟期 IV	收获期 V	现蕾期 I	开花期 II	结果期 III	成熟期 IV	收获期 V
P3A/P3A×H040	25.28 c	26.09 a	27.59 c	33.47 cd	53.80 f	0.92 b	0.99 ab	0.97 bc	2.84 bcd	4.39 b	17.48 ab	16.81 ab	15.23 c	27.24 ab	65.40 b	4.27 c	5.84 abc	6.54 cd	8.40 bc	10.20 c	1.81 ab	1.54 b	2.49 ab	4.31 c	7.76 c
P3A/H040	23.37 d	27.58 a	28.43 bc	35.3 bcd	66.9 ede	0.92 b	0.98 ab	1.09 abc	2.48 cd	3.82 c	16.06 ab	15.73 b	19.3 abc	18.62 b	59.43 bc	5.19 a	6.08 ab	7.01 b	8.29 bcd	10.55 bc	1.72 ab	1.65 b	2.38 ab	5.08 bc	7.22 c
P3A/P3B	28.44 a	27.99 a	30.1 abc	35.3 bcd	56.67 ef	0.84 bc	0.94 ab	1.06 abc	2.60 cd	4.09 bc	15.38 ab	15.27 b	22.31 ab	21.95 ab	54.86 cd	5.00 ab	5.72 bc	6.37 cde	8.1 bcde	10.61 bc	1.58 b	1.68 b	2.92 ab	5.23 bc	11.47 b
P3A CK	28.12 a	28.20 a	28.24 bc	36.7 bcd	64.20 de	0.91 b	0.95 ab	1.08 abc	3.24 ab	3.81 c	10.99 b	13.90 b	24.29 a	26.32 ab	57.84 c	4.78 ab	6.19 a	8.07 a	8.92 a	10.37 c	1.96 a	1.58 b	2.47 ab	6.47 ab	8.11 c
P3A×H040CK	25.07 c	27.74 a	27.99 bc	36.8 bcd	48.57 f	1.16 a	1.13 a	1.24 ab	3.38 a	5.20 a	11.88 b	14.72 b	21.28 ab	31.30 a	82.07 a	4.99 ab	5.43 cd	7.16 b	8.55 ab	11.68 a	1.59 b	1.57 b	2.25 b	4.67 c	7.22 c
H040 CK	27.66 ab	28.37 a	29.9 abc	35.0 bcd	51.26 f	0.90 b	0.97 ab	1.05 abc	2.68 cd	4.60 ab	16.06 ab	18.56 ab	19.5 abc	30.16 a	82.62 a	5.00 ab	6.14 ab	6.99 b	8.34 bcd	12.11 a	1.97 a	2.02 a	2.85 ab	3.64 c	9.36b
P3B/P3A×H040	26.93 b	26.74 a	30.7 abc	35.2 bcd	78.19 ab	0.96 b	1.00 ab	1.08 abc	2.53 cd	2.77 d	19.97 a	21.89 a	19.2 abc	20.85 ab	46.34 de	4.79 ab	5.13 d	6.17 c	7.68 c	8.33 c	1.73 ab	1.76 ab	2.35 ab	4.52 c	16.78 a
P3B/H040	25.40 c	30.72 a	34.96 a	49.6 a	73.5 bcd	0.56 d	0.64 c	0.68 d	2.40 d	3.17 c	18.54 ab	16.71 ab	21.89 ab	24.27 ab	50.8 cde	5.04 a	6.28 a	7.04 b	7.91 cde	8.85 de	1.63 b	1.84 ab	3.16 a	7.03 a	19.40 a
P3B/P3A	28.27 a	28.70 a	29.6 abc	38.7 bc	76.38 bc	0.73 c	0.74 bc	0.85 cd	2.33 d	3.13 d	15.89 ab	15.62 b	23.03 ab	22.68 ab	43.57 c	5.09 a	5.73 bc	6.22 de	7.90 de	9.96 cd	1.67 ab	1.68 b	2.72 ab	7.12 a	17.19 a
P3B CK	24.99 c	28.79 a	33.93 ab	39.84 b	86.79 a	1.18 a	1.16 a	1.27 a	3.00 abc	2.49 c	11.85 b	12.93 b	18.11 bc	18.55 b	47.35 de	4.55 bc	5.00 d	6.61 b	8.30 bcd	10.13 c	1.78 ab	1.61 b	2.48 ab	6.82 a	16.92 a

1) I. Squaring stage; II. Flowering stage; III. Seeding stage; IV. Maturity stage; V. Harvesting stage.

表 5 抗寒性综合评价

Table 5 The comprehensive appraisal index on cold resistance of kenafs

处理 Treatments	指标 Indicators											平均 Mean	排序 Order
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11		
P3A/P3A×H040	0.908	0.865	0.723	0.915	0.131	0.869	0.863	0.701	0.559	0.495	0.955	0.726	3
P3A/H040	0.979	0.877	0.652	1.000	0.318	0.860	0.521	0.492	0.406	0.586	1.000	0.699	4
P3A/P3B	0.927	0.458	0.323	0.759	0.565	0.785	0.788	0.591	0.289	0.601	0.651	0.612	6
P3A CK	0.930	0.735	0.613	0.799	0.452	0.829	0.591	0.487	0.358	0.459	0.926	0.653	5
P3A×H040 CK	0.507	1.000	1.000	0.898	0.902	1.000	1.000	1.000	0.986	0.886	0.999	0.925	2
H040 CK	1.000	0.998	0.956	0.968	0.991	1.000	0.930	0.780	1.000	1.000	0.824	0.950	1
P3B/P3A×H040	0.141	0.536	0.119	0.449	0.000	0.044	0.225	0.104	0.071	0.000	0.215	0.173	9
P3B/H040	0.000	0.499	0.380	0.501	0.281	0.310	0.347	0.252	0.185	0.138	0.000	0.263	7
P3B/P3A	0.367	0.000	0.039	0.377	0.305	0.237	0.272	0.236	0.000	0.431	0.182	0.222	8
P3B CK	0.016	0.007	0.000	0.000	0.080	0.000	0.000	0.000	0.097	0.470	0.450	0.102	10

株和接穗对照的种子产量比不育系嫁接株和接穗对照的显著大,这说明保持系结实量大,消耗养分多,后期易早衰。

2) 叶片数量。从田间调查结果(表 3)可以看出:成熟期 P3A×H040 CK 和 H040 CK 100 cm 的叶片数量比其他处理显著多,P3A/P3A×H040、P3A/H040、P3A CK 显著比余下各处理多。

3) 茎含水量。从表 3 可以看出:P3A/H040 (73.69%) 显著比 P3A CK (66.28%) 高,和 H040 CK (72.49%) 差异不显著。P3A/P3A×H040 比 P3A CK 高,但不显著。保持系嫁接株 P3B/P3A×H040 (53.32%)、P3B/H040 (55.25) 和 P3B/P3A (50.66%) 均比接穗对照 P3B (36.74%) 显著高。

4) 枯萎程度。由表 3 可知,枯萎程度最小的是 P3A×H040 CK 和 H040 CK (均为 0),不育系嫁接株 P3A/P3A×H040 (3.72%)、P3A/H040 (3.98%) 比接穗对照 P3A (4.87%) 稍小;保持系嫁接株 P3B/H040 (19.60%)、P3B/P3A (21.69%) 显著比接穗对照 P3B (28.42%) 小,P3B/P3A×H040 (27.18%) 也比接穗对照小,但差异不显著。可见,保持系的枯萎程度多比不育系要重。

5) 越冬成活率。由表 3 可知,越冬成活率 P3A×H040 CK 和 H040 CK 显著比其他处理的高,不育系嫁接株 P3A/P3A×H040 (61.25%)、P3A/H040 (57.82%)、P3A/P3B (65.02%) 比接穗对照 (57.16%) 稍高;保持系嫁接株 P3B/H040 (45.21%)、P3B/P3A (46.92%) 显著比接穗对照 P3B (31.22%) 高,但比砧木显著低。可见,不育系的越冬成活率总体上比保持系的要高,也就是不育系的抗寒性比保持系的要强。

2.3 嫁接对抗寒相关生理生化指标的影响

1) 相对电导率。由表 4 可知,在红麻现蕾期、开花期、结果期各处理间的相对电导率差异并不是很高,到了成熟期和收获期差异才较为明显。通过 Duncan 新复极差检验发现,在收获期,不育系嫁接株 P3A/P3A×H040 (53.80%)、P3A/P3B (56.67%) 显著低于接穗对照 P3A (64.20%),但显著高于砧木对照 P3A×H040 (48.57%),高于 H040 (51.26%);保持系嫁接株 P3B/P3A×H040 (78.19%)、P3B/H040 (73.53%)、P3B/P3A (76.38%) 均显著低于其接穗对照 P3B (86.79%)。还可看出,保持系的相对电导率均比不育系要高。由于保持系的抗寒性明显

比不育系差,这一结果与抗寒性的田间表现形成明显的对应关系,即抗寒性越强,成熟期的电导率越低,反之则越高。

2) 可溶性糖含量。由表 4 可知,在红麻现蕾前期、开花期、结果期各处理之间的可溶性糖含量均较低,大部分处理之间没有明显差异。到了成熟期和收获期可溶性糖含量逐渐增加,尤以收获期急剧增加。在收获期,不育系嫁接株 P3A/P3A×H040 (4.39%) 显著高于接穗对照 P3A (3.81%),但显著低于砧木对照 P3A×H040 (5.20%);保持系嫁接株 P3B/P3A×H040 (2.77%)、P3B/H040 (3.17%)、P3B/P3A (3.12%) 均显著高于其接穗对照 P3B (2.49%)。可见,在成熟期和收获期可溶性糖含量的增加对提高抗寒性有一定的积极作用。

3) 脯氨酸含量。由表 4 可知,红麻现蕾期至成熟期的游离脯氨酸含量一直较低,处理间含量差别不大。随着生长发育的持续,且受寒冷的影响,在收获期游离脯氨酸急剧增加,但增加幅度并不相同。到了成熟期,不育系嫁接株游离脯氨酸含量 P3A/P3A×H040 (65.40 μg/g) 显著高于 P3A CK (57.84 μg/g),P3A/H040 (59.43 μg/g),但差异不显著,本砧嫁接株 P3A/P3B (54.86 μg/g) 低于接穗对照,上述处理均显著低于砧木对照 P3A×H040 (82.07 μg/g)、H040 (82.61 μg/g)。可见,收获期茎脯氨酸含量的提高有助于植株抗寒性的提高。

4) 可溶性蛋白。由表 4 可知,随着红麻的生长发育,各处理之间的可溶性蛋白均呈现稳步增加的趋势,但增加的幅度并不尽同。在成熟期,P3A/P3A×H040 可溶性蛋白 (10.20 mg/g)、P3A/H040 (10.55 mg/g)、P3A/P3B (10.61 mg/g)、P3A CK (10.37 mg/g) 之间含量相接近,差异不显著。但它们均显著低于砧木对照 P3A×H040 (11.68 mg/g)、H040 (12.11 mg/g)。

5) MDA 含量。随着红麻的生长发育,受低温和干旱的影响,植株受损伤越来越重,红麻茎中 MDA 含量越来越大。由表 4 可知,在成熟期前,各个处理间含量差距较小。成熟期后由于受伤程度不同,MDA 含量差异显著,到了收获期,不育系嫁接株(除本砧嫁接)均低于接穗对照 P3A CK (8.11 nmol/g),但不显著,而显著低于砧木对照 H040 CK (9.36 nmol/g)。这一结果与各材料的抗寒性强弱形成对应关系,表明成熟期茎中 MDA 含量也可作

为抗寒性的生理指标之一。

2.4 抗寒性的分级及各指标的综合分析

1) 聚类分析。将 10 个处理抗寒性平均值作为指标进行聚类分析, 采用最小距离法(欧氏距离), 结果见图 1。10 个处理的抗寒性强弱可划分为 5 类: 红麻野生种 H040 和杂交组合 P3A×H040 抗寒性最强, 1 级; P3A/P3A×H040 和 P3A/H040 抗寒性较强, 2 级; P3A CK 和 P3A/P3B CK 抗寒性中等, 3 级; P3B/P3A×H040 和 P3B/H040 抗寒性较弱, 4 级; P3B/P3A 和 P3B CK 抗寒性最弱, 5 级。

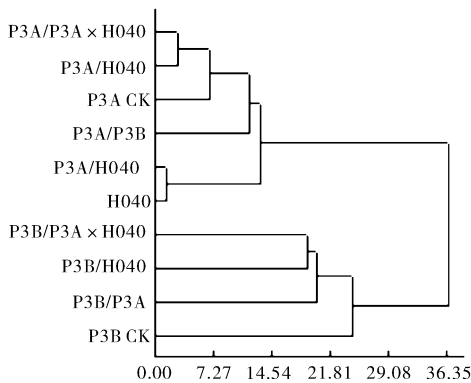


图 1 聚类分析结果

Fig. 1 Diagram of cluster analysis of the grapes based on cold resistance

2) 各指标对抗寒性的隶属函数分析。为全面准确地对抗寒性进行综合评价, 克服单一指标的不足, 本研究采用模糊数学隶属公式对试验原始数据进行定量转换, 以综合评价红麻各个处理的抗寒性。隶属函数分析结果见表 5, 红麻抗寒性顺序为: H040 CK(红麻野生种砧木对照) > P3A×H040 CK(杂交种砧木对照) > 不育系嫁接株 P3A/P3A×H040 > P3A/H040 > 接穗对照 P3A CK > P3A/P3B > 保持系嫁接株 P3B/H040 > P3B/P3A > P3B/P3A×H040 > 接穗对照 P3B CK, 与聚类分析结果基本一致。

3 讨论

本研究结果表明: 嫁接对红麻接穗的现蕾、开花、结果、成熟期影响并不大; 嫁接还可使植株矮化, 这有利于人工杂交制种和抗倒伏。

红麻的越冬抗寒性与结实、种子产量密切相关, 这可能是因为结实要消耗大量的养分所致。梢部枯萎程度、越冬成活率等田间指标可一定程度上反映

红麻的抗寒性, 同时要结合成熟期至收获期茎的相对电导率、可溶性糖、脯氨酸、可溶性蛋白、丙二醛等生理生化指标以综合评价其抗寒性。

据前人对植物嫁接效应的研究结果, 用抗寒、抗病性强的砧木嫁接, 可以显著提高接穗的抗寒、抗病能力^[15-16]。本试验结果表明, 嫁接确实可以在一定程度上提高红麻接穗的抗寒性。在预备试验中利用木芙蓉的越冬枝条作嫁接对抗寒性的效应发现, 抗寒效果也不错, 只是木芙蓉种子极小, 难以用种子繁殖苗作砧木, 只能采用扦插枝条作砧木, 嫁接效率较低。杂交组合 P3A×H040 和红麻野生种 H040 也表现出较强的抗寒性, 且可种子繁殖, 有利于提高嫁接效率。红麻嫁接提高抗寒性的分子生物学基础有待于深入研究。

参 考 文 献

- [1] 程舟, 鮫島一彦, 陈家宽. 日本的红麻研究、加工与利用[J]. 中国麻作, 2001(3): 16-24.
- [2] 周瑞阳. 红麻雄性不育株的发现[J]. 中国农业科学, 2002, 45(2): 212.
- [3] 朱丽梅, 艾素云, 周瑞阳. 红麻细胞质雄性不育系小孢子败育的细胞学观察[J]. 作物学报, 2007, 33(6): 999-1003.
- [4] 李宗道. 麻作的理论与技术[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1980: 589.
- [5] 汤永海, 庄迪泉, 胡庆升, 等. 红麻抗病高产杂优组合 H005 的选育[J]. 作物学报, 1987, 13(2): 143-150.
- [6] ZHOU R Y. Mutational effects of space flight on kenaf seeds: American Kenaf Society Proceedings of Fourth Annual Conference, Nov. 15-17, 2001[C]. Atlanta, Georgia: [s. n.], 2001.
- [7] 周瑞阳, 张新, 张加强, 等. 红麻细胞质雄性不育系的选育及杂种优势利用取得突破[J]. 中国农业科学, 2008, 41(1): 314.
- [8] 张加强, 潘凤英, 廖小芳, 等. 红麻杂交种幼苗生长对盐胁迫的响应[J]. 华中农业大学学报, 2011, 30(5): 552-557.
- [9] 张加强, 潘凤英, 窦俊焕, 等. 红麻杂交种的根系生长对盐胁迫的抗性优势表现[J]. 中国农业大学学报, 2011, 16(5): 6-12.
- [10] 李点娇, 林荔辉, 祁建民. 红麻 L23A 雄性不育系转育及杂种优质利用研究[J]. 国际遗传学杂志, 2010, 33(4): 186-187.
- [11] 廖英明, 祁建民. 红麻不育系 L23A 与保持系 L23A 蛋白质组学研究[J]. 国际遗传学杂志, 2010, 33(4): 188-189.
- [12] 唐向民, 金刚, 李刚, 等. 红麻 Ms5 基因的克隆及多转录本分析[J]. 华中农业大学学报, 2012, 31(5): 536-540.
- [13] 李婧婧, 谢彦周, 洪彦峰, 等. 甘蓝型油菜隐性细胞核雄性不育上位抑制基因(*esp*)的分子标记开发[J]. 中国油料作物学报, 2011, 33(6): 533-539.
- [14] 胡春梅, 朱月林, 杨立飞. 低温条件下黄瓜嫁接株与自根株光合特性的比较[J]. 西北植物学报, 2006, 26(2): 247-253.

- [15] 李振坚,陈俊愉.垂枝梅高位嫁接对提高其抗寒越冬力的影响[J].北京林业大学学报,2004(S1):39-41.
- [16] 张明菊,夏启中,吴冰.嫁接棉苗对黄萎病的抗性及相关生理指标的的变化[J].华中农业大学学报,2012,31(4):414-418.
- [17] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.

Effects of grafting with seedling on cytoplasmic male sterile lines and its maintainers in kenaf

HUANG Qi-chun^{1,2} ZHAO Hong-tao² LIU Ji-min³ ZHOU Rui-yang¹
ZHAO Yan-hong^{1,2} WANG Jie¹ LI Chu-ying²

1. College of Agronomy, Guangxi University, Nanning 530005, China;

2. Cash Crops Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Science, Nanning 530007, China;

3. House Property Authority and Termite Control of Nanning City, Nanning 530023, China

Abstract In order to let kenaf cytoplasmic male sterile(CMS)lines and maintainers in southern China live through the winter safely and to realize perennial cultivation, propagation of male sterile lines will be fixed in the lower backcross generation. Kenaf cytoplasmic male sterile(CMS) line P3A and its maintainer P3B were grafted on the kenaf wild species H040, hybrids P3A×H040, and its grafting were used as controls. The results of cluster analysis and membership function showed that cold resistance may be divided into 5 categories, level 1, the most; kenaf wild species H040 and hybrids P3A×H040; level 2, strong; P3A/P3A×H040 and P3A/H040; level 3 medium; P3A CK and P3A/P3B; level 4, Less; P3B/P3A×H040 and P3B/H040; level 5, the weakest; P3B/P3A and P3B CK. Main composition analysis showed that the first principal components were withered degree, soluble sugar content, conductivity, number of leaves; The second principal component was water content of stem. Kenaf scion cold resistance on grafted by strong seedling rootstocks was improved.

Key words kenaf (*Hibiscus cannabilus* L.); cytoplasmic male sterile; grafting; cold resistance

(责任编辑:张志钰)