

长果桑与桑树栽培品种远缘杂交 F₁ 代的植物学性状表现分析

韩世玉, 张芳, 王晓红, 罗泽虎, 周光萍, 杨胜特 (贵州省蚕业研究所, 贵州贵阳 550009)

摘要 [目的] 分析长果桑与桑树栽培品种远缘杂交 F₁ 代的植物学性状表现, 为桑树远缘杂交的亲本选择提供参考。[方法] 按照长果桑 × 桑树栽培品种和桑树栽培品种 × 长果桑 2 种远缘杂交类型配置杂交组合, 每种杂交类型配置 5 个杂交组合, 授粉、采种、育苗后栽植, 调查叶片、枝条的主要植物学性状表现。[结果] 在长果桑 × 桑树栽培品种和桑树栽培品种 × 长果桑 2 种远缘杂交类型中, 各组合亲本均无椭圆形叶, F₁ 代均有椭圆形叶植株, 平均比例分别为 13.28% 和 10.48%; 亲本无短尾叶尖的杂交组合, F₁ 代出现短尾叶尖植株的平均比例分别为 29.88% 和 24.94%; 亲本无钝头叶尖的杂交组合, F₁ 代出现钝头叶尖植株的平均比例分别为 14.16% 和 11.86%。亲本无弯曲枝条的杂交组合, F₁ 代出现弯曲枝条植株的平均比例分别为 26.83% 和 32.66%; 亲本无折曲节间的杂交组合, F₁ 代出现折曲节间植株的平均比例分别为 23.72% 和 18.28%。[结论] 长果桑与桑树栽培品种远缘杂交 F₁ 代的植物学性状表现丰富, 出现了很多亲本中没有的性状, 可以从中选择符合需要的植株开展材料创新和品种选育。

关键词 长果桑; 桑树栽培品种; 远缘杂交; F₁ 代; 性状表现
中图分类号 S888 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)25-0030-04

Performance of Botanical Traits of Distant Hybrid F₁ between Long Fruit Mulberry and Mulberry Cultivars
HAN Shi-yu, ZHANG Fang, WANG Xiao-hong et al (Sericultural Research Institute of Guizhou Province, Guiyang, Guizhou 550009)

Abstract [Objective] Performance of botanical traits of distant hybridization F₁ between long fruit mulberry and mulberry cultivars was analyzed to provide reference for the parent selection of mulberry. [Method] The hybrid combinations were configured according to two types of distant hybrid: long fruit mulberry × mulberry cultivars, mulberry cultivars × long fruit mulberry. Each hybrid types configured five kinds of hybrid combinations. Characteristics of botanical traits of leaves and branches were surveyed after pollination, seed collection and planting. [Result] In two types of distant hybrid; each combination parent had no elliptical leaf, F₁ generation had elliptical leaf plant, the average rate was 13.28% and 10.48%, respectively. Parent of the hybrid combination hadn't short-tailed leaf tip, the average rate of short-tailed leaf tip plants in the F₁ generation was 29.88% and 24.94%, respectively. Parent of the hybrid combination hadn't blunt head leaf tip, the average rate of blunt head leaf tip plants in the F₁ generation was 14.16% and 11.86%. Parent of the hybrid combination hadn't bending branches, the average rate of bending branches plants in the F₁ generation was 26.83% and 32.66%. Parent of the hybrid combination hadn't flex internode, the average rate of flex internode plants in the F₁ generation was 23.72% and 18.28%. [Conclusion] Performance of botanical traits of distant hybridization F₁ between long fruit mulberry and mulberry cultivars is abundant, there are many traits that are not in the parent. We can choose required plants to carry out material innovation and variety breeding.

Key words Long fruit mulberry; Mulberry cultivars; Distant hybrid; F₁ generation; Character performance

桑树远缘杂交是创新桑树种质资源的重要途径^[1], 远缘杂交在水稻、小麦、油菜、棉花、花卉、果树等方面已有成功的应用^[2-14], 表明远缘杂交对丰富植物遗传基础, 创新植物种质资源, 选育植物新品种具有重要意义。长果桑是野生桑的一个种, 主要分布在我国西北、西南等地区, 贵州的长果桑种主要分布在黔东南海拔 650~1 400 m 的绥阳、荔波、贞丰温湿山地^[15], 生态类型丰富。韩世玉等^[16]对包括长果桑在内的野生桑进行了分类学、细胞学及远缘杂交特性等研究, 结果表明长果桑与桑树栽培种远缘杂交具有一定的育性。2011 年, 贵州省蚕业研究所采用长果桑与桑树栽培品种进行远缘杂交, 获得一批 F₁ 代桑苗, 至 2014 年植株性状表现趋于稳定。笔者于 2012—2016 年在贵州省蚕业研究所桑树种质资源试验地, 对长果桑与桑树栽培品种 F₁ 代桑树的植物学特征及叶、枝条等主要性状的遗传特点进行了调查分析, 为桑树远缘杂交的亲本选择、材料创新及品种选育提供依据。

1 材料与方法

1.1 桑树品种材料 野生长果桑为贵 36 号、贵 39 号; 栽培品种为云桑 1 号、璜桑 14 号、澧桑 24 号、农桑 8 号和无锡

短节。

1.1.1 贵 36 号。属长果桑种(*Morus laevigata* Wall.), 树形开展, 枝条直, 节间平直。芽椭圆形尖头, 较大。叶长卵圆形或广卵圆形, 叶长 19.3 cm、叶幅 15.2 cm, 叶较厚, 多为不裂, 少见 2~3 浅裂, 叶面光滑无毛, 荫生叶稍粗糙, 叶背无毛, 叶尖渐尖头或长尾状, 叶缘无齿或浅齿, 叶基浅心形、截形或圆形。开雌花, 桑椹长 4.8 cm。

1.1.2 贵 39 号。属长果桑种(*Morus laevigata* Wall.), 树形开展, 枝条直, 节间平直。芽椭圆形尖头, 较大。叶长卵圆形或广卵圆形, 叶长 20.5 cm、叶幅 15.7 cm, 叶较厚, 多为不裂, 少见 2~3 浅裂, 叶面光滑无毛, 荫生叶稍粗糙, 叶背无毛, 叶尖渐尖头或长尾状, 叶缘无齿或浅齿, 叶基浅心形、截形或圆形。开雄花, 花穗长 5.2 cm。

1.1.3 云桑 1 号。属鲁桑种(*Morus multicaulis* Perr.), 树形直立, 枝条粗长而直, 节间平直。冬芽三角形, 尖离, 副芽小而少。叶心脏形, 较平展, 叶尖钝头或锐头, 叶缘乳头齿, 叶长 22.0 cm、叶幅 18.5 cm, 较厚, 叶面微糙, 波皱, 叶片稍下垂。雌雄同株或同穗、异穗。

1.1.4 璜桑 14 号。属鲁桑种(*Morus multicaulis* Perr.), 树形稍开展, 枝条粗长而直, 节间直。冬芽三角形, 尖离, 副芽少。叶长心脏形, 深绿色, 叶尖锐头, 叶缘乳头齿, 叶长 22.5 cm、叶幅 18.0 cm, 较厚, 叶面平滑, 光泽较强, 叶片下垂, 叶柄中粗长。雌雄同株或同穗, 雄花穗少。

基金项目 农业部现代农业产业技术体系建设专项(CARS-22); 贵州省农业科学院专项(黔农科院 CR 合字[2014]55 号); 贵州省科技计划项目(黔科合院所创新[2012]4003)。

作者简介 韩世玉(1965—), 男, 贵州道真人, 高级农艺师, 从事桑树选育育种与栽培研究。

收稿日期 2017-06-07

1.1.5 澧桑 24 号。属鲁桑种(*Morus multicaulis* Perr.), 树形稍开展, 枝条粗长而直, 节间微曲。冬芽盾形, 贴生或尖离, 副芽少。叶心脏形, 较平展, 叶尖双头, 叶缘钝齿, 叶长 18.5 cm、叶幅 16.0 cm, 叶厚, 叶面光滑有皱缩, 叶片稍下垂。雌雄同株或同穗。

1.1.6 农桑 8 号。属白桑种(*Morus alba* Linn.), 树形直立, 枝条中粗而长, 稍弯曲, 节间较直。冬芽正三角形, 尖离, 副芽大而多。叶长心脏形, 深绿色, 叶尖短尾状, 叶缘乳头齿, 叶长 21.5 cm、叶幅 19.2 cm, 较厚, 叶面光滑, 叶片开展, 叶柄较粗长。雌雄同株异穗, 穗较多, 中等大小。

1.1.7 无锡短节。属鲁桑种(*Morus multicaulis* Perr.), 树形直立, 枝条中粗长而直, 节间直。冬芽三角形, 尖离, 副芽较少。叶卵圆形, 边缘略上翘, 少数裂叶, 深绿色, 叶尖锐头, 叶缘小乳头齿或钝齿, 叶长 18.3 cm、叶幅 14.1 cm, 较厚, 叶面光滑无皱, 光泽强, 叶片稍向上, 叶柄较粗长。雌雄同株, 雄花穗少, 穗少, 中等大小。

1.2 试验设计 按照长果桑 × 桑树栽培品种和桑树栽培品种 × 长果桑 2 种杂交形式配置杂交组合, 每种杂交形式配置 5 个杂交组合, 共 10 个杂交组合。采用花穗直接涂抹授粉法进行杂交授粉^[17], 按组合采种后当年育苗, 翌年栽植。每个杂交组合栽植 F_1 代桑树 60 株, 分 3 个重复小区栽植, 每个小区栽植桑树 20 株。按宽窄行形式栽植, 窄行距 0.67 m、宽行距 1.33 m, 株距 0.67 m, 窄行内栽植桑树, 双行栽植, 其他管理与常规相同。

1.3 调查方法 桑树栽植后的前 3 年主要观察远缘杂交桑树生长情况及特征表现, 2015 年远缘杂交桑树的性状已基本稳定, 按不同的远缘杂交形式和组合调查叶片、枝条等主要植物学性状。

2 结果与分析

2.1 长果桑 × 桑树栽培品种的 F_1 代叶片性状表现

2.1.1 全叶型比例。 F_1 代的全叶型比例平均为 72.39%, 双亲均有裂叶的杂交组合长果桑 × 无锡短节的 F_1 代全叶型比例最低, 为 63.75%, 明显低于其他组合和平均值; 长果桑 × 澧桑 24 号的 F_1 代全叶型比例最高, 为 80.37% (表 1)。

2.1.2 有毛型比例。 F_1 代有毛型叶的比例平均为 11.86%, 长果桑 × 璜桑 14 号的 F_1 代有毛型叶的比例最低, 为 9.26%; 长果桑 × 云桑 1 号的 F_1 代有毛型叶的比例最高, 为 13.45% (表 1)。

2.1.3 叶面无皱型比例。 F_1 代叶面无皱的比例平均为 58.81%, 父本叶面有皱的 2 个杂交组合长果桑 × 云桑 1 号、长果桑 × 澧桑 24 号的 F_1 代叶面无皱的比例较低, 分别为 43.27% 和 46.42%; 长果桑 × 璜桑 14 号的 F_1 代叶面无皱的比例最高, 为 71.45% (表 1)。

2.1.4 叶形比例。双亲均无椭圆形叶, 但各杂交组合的 F_1 代都有椭圆形叶出现, 平均为 13.28%, 其中长果桑 × 无锡短节的 F_1 代椭圆形叶比例最低, 为 9.88%; 长果桑 × 云桑 1 号的 F_1 代椭圆形叶比例最高, 为 16.61%。卵圆形叶比例平均为 54.40%, 长果桑 × 云桑 1 号的 F_1 代卵圆形叶比例最低,

为 45.87%; 长果桑 × 无锡短节的 F_1 代卵圆形叶比例最高, 为 69.75%。心脏形叶平均为 32.32%, 长果桑 × 无锡短节的 F_1 代心脏形叶比例最低, 为 20.37%; 长果桑 × 澧桑 24 号的 F_1 代心脏形叶比例最高, 为 38.13% (表 1)。

2.1.5 叶缘锯齿比例。钝齿形叶缘比例 F_1 代平均为 50.14%, 长果桑 × 璜桑 14 号的 F_1 代比例最低, 为 42.00%; 长果桑 × 澧桑 24 号的 F_1 代比例最高, 为 62.38%; 乳头形叶缘比例 F_1 代平均为 46.79%, 长果桑 × 澧桑 24 号的 F_1 代比例最低, 为 32.59%; 长果桑 × 农桑 8 号的 F_1 代比例最高, 为 55.56%。双亲均无谷针形叶缘, 但各杂交组合的 F_1 代均有谷针形叶缘出现, 平均为 3.07%, 长果桑 × 无锡短节的 F_1 代比例最低, 为 1.28%; 长果桑 × 澧桑 24 号的 F_1 代比例最高, 为 5.03% (表 1)。

2.1.6 叶尾比例。长叶尾形 F_1 代的平均比例为 23.99%, 长果桑 × 澧桑 24 号的 F_1 代比例最低, 为 15.30%; 长果桑 × 农桑 8 号的 F_1 代比例最高, 为 35.32%。短叶尾形 F_1 代的平均比例为 31.81%, 长果桑 × 澧桑 24 号的 F_1 代比例最低, 为 23.52%; 长果桑 × 农桑 8 号的 F_1 代比例最高, 为 39.51%。钝头叶尾形 F_1 代的平均比例为 13.81%, 长果桑 × 农桑 8 号的 F_1 代比例最低, 为 7.43%; 长果桑 × 澧桑 24 号的 F_1 代比例最高, 为 17.28%。锐头叶尾形 F_1 代的平均比例为 23.64%, 长果桑 × 农桑 8 号 F_1 代的比例最低, 为 15.41%; 长果桑 × 无锡短节 F_1 代的比例最高, 为 30.56%。在亲本中, 只有澧桑 24 号是双头叶尾形, 但在 F_1 代中均有双头叶尾出现, 平均为 6.74%, 长果桑 × 璜桑 14 号 F_1 代的比例最低, 为 1.14%; 长果桑 × 澧桑 24 号 F_1 代的比例最高, 为 21.25% (表 1)。

2.2 桑树栽培品种 × 长果桑的 F_1 代叶片性状表现

2.2.1 全叶型比例。 F_1 代的全叶型比例平均为 75.67%, 双亲均有裂叶的杂交组合无锡短节 × 长果桑的 F_1 代全叶型比例最低, 为 42.67%, 明显低于其他组合和平均值; 云桑 1 号 × 长果桑的 F_1 代全叶型比例最高, 为 89.54% (表 2)。

2.2.2 有毛型比例。 F_1 代有毛型叶的比例平均为 4.91%, 无锡短节 × 长果桑的 F_1 代有毛型叶的比例最低, 为 3.56%; 农桑 8 号 × 长果桑的 F_1 代有毛型叶的比例最高, 为 6.32% (表 2)。

2.2.3 叶面无皱型比例。 F_1 代叶面无皱的比例平均为 68.40%, 父本叶面有皱的 2 个杂交组合云桑 1 号 × 长果桑、澧桑 24 号 × 长果桑的 F_1 代叶面无皱的比例较低, 分别为 49.83% 和 41.15%; 璜桑 14 号 × 长果桑的 F_1 代叶面无皱的比例最高, 为 85.37% (表 2)。

2.2.4 叶形比例。双亲均无椭圆形叶, 但各杂交组合的 F_1 代都有椭圆形叶出现, 平均为 10.48%, 其中澧桑 24 号 × 长果桑的 F_1 代比例最低, 为 7.13%; 农桑 8 号 × 长果桑的 F_1 代比例最高, 为 14.17%。卵圆形叶 F_1 代平均比例为 45.52%, 璜桑 14 号 × 长果桑的 F_1 代比例最低, 为 29.72%; 无锡短节 × 长果桑的 F_1 代比例最高, 为 76.54%。心脏形 F_1 代平均比例为 44.0%, 无锡短节 × 长果桑的 F_1 代比例最

低,为 13.21%; 璜桑 14 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最高,为 58.47% (表 2)。

表 1 长果桑 × 桑树栽培品种 F₁ 代叶片表形占比

Table 1 Proportion of F₁ leaf shape of long fruit mulberry × mulberry cultivars

%

性状 Traits		长果桑 × 云桑 1 号 Long fruit mulberry × Yun mulberry 1	长果桑 × 璜桑 14 号 Long fruit mulberry × Huang mulberry 14	长果桑 × 澧桑 24 号 Long fruit mulberry × Li mulberry 24	长果桑 × 农桑 8 号 Long fruit mulberry × Nong mulberry 8	长果桑 × 无锡短节 Long fruit mulberry × Wuxi short section
全叶 Full leaves		72.39	76.23	80.37	69.22	63.75
有毛 Hairiness		13.45	9.26	12.64	12.56	11.40
无皱 No-wrinkle		43.27	71.45	46.42	65.37	67.52
叶形 Leaf shape	椭圆	16.61	13.03	14.47	12.42	9.88
	卵圆	45.87	52.65	47.40	56.33	69.75
	心脏	37.52	34.32	38.13	31.25	20.37
叶缘锯齿	钝齿	51.35	42.00	62.38	42.47	52.52
Toothed	乳头	46.22	53.36	32.59	55.56	46.20
leaf margin	谷针	2.43	4.64	5.03	1.97	1.28
叶尾 Leaves tail	长尾	22.57	25.45	15.30	35.32	21.30
	短尾	35.13	33.43	23.52	39.51	27.45
	钝头	12.40	16.68	17.28	7.43	15.27
	锐头	26.32	23.30	22.65	15.41	30.56
	双头	3.58	1.14	21.25	2.33	5.42

2.2.5 叶缘锯齿比例。钝齿形叶缘比例 F₁ 代平均为 45.83%, 农桑 8 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最低,为 20.35%; 澧桑 24 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最高,为 80.13%。乳头形叶缘比例 F₁ 代平均为 53.77%, 澧桑 24 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最低,为 19.87%; 农桑 8 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最高,为 78.39%。谷针形叶缘比例 F₁ 代平均为 0.40%, 璜桑 14 号 × 长果桑、澧桑 24 号 × 长果桑、无锡短节 × 长果桑的 F₁ 代比例均为 0, 农桑 8 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最高,为 1.26% (表 2)。

2.2.6 叶尾比例。长叶尾形 F₁ 代的平均比例为 14.94%, 无锡短节 × 长果桑的 F₁ 代比例最低,为 6.12%; 璜桑 14 号

× 长果桑的 F₁ 代比例最高,为 25.63%。短叶尾形 F₁ 代的平均比例为 28.83%, 澧桑 24 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最低,为 19.52%; 农桑 8 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最高,为 44.39%。钝头叶尾 F₁ 代的平均比例为 12.55%, 农桑 8 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最低,为 8.40%; 云桑 1 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最高,为 15.32%。锐头叶尾 F₁ 代的平均比例为 33.61%, 澧桑 24 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最低,为 9.47%; 无锡短节 × 长果桑的 F₁ 代比例最高,为 59.39%。双头叶尾 F₁ 代的平均比例为 10.07%, 璜桑 14 号 × 长果桑、农桑 8 号 × 长果桑、无锡短节 × 长果桑的 F₁ 代比例均为 0; 澧桑 24 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最高,为 45.58% (表 2)。

表 2 桑树栽培品种 × 长果桑 F₁ 代叶片表形占比

Table 2 Proportion of F₁ leaf shape of mulberry cultivars × long fruit mulberry

%

性状 Traits		云桑 1 号 × 长果桑 Yun mulberry 1 × Long fruit mulberry	璜桑 14 号 × 长果桑 Huang mulberry 14 × Long fruit mulberry	澧桑 24 号 × 长果桑 Li mulberry 24 × Long fruit mulberry	农桑 8 号 × 长果桑 Nong mulberry 8 × Long fruit mulberry	无锡短节 × 长果桑 Wuxi short section × Long fruit mulberry
全叶 Full leaves		89.54	85.13	82.67	78.35	42.67
有毛 Hairiness		4.79	5.52	4.37	6.32	3.56
无皱 No-wrinkle		49.83	85.37	41.15	82.23	83.43
叶形 Leaf shape	椭圆	9.02	11.81	7.13	14.17	10.25
	卵圆	39.63	29.72	37.25	44.48	76.54
	心脏	51.35	58.47	55.62	41.35	13.21
叶缘锯齿	钝齿	68.54	27.57	80.13	20.35	32.54
Toothed	乳头	30.71	72.43	19.87	78.39	67.46
leaf margin	谷针	0.75	0	0	1.26	0
叶尾 Leaves tail	长尾	13.16	25.63	10.15	19.65	6.12
	短尾	29.57	28.35	19.52	44.39	22.30
	钝头	15.32	11.57	15.28	8.40	12.19
	锐头	37.20	34.45	9.47	27.56	59.39
	双头	4.75	0	45.58	0	0

2.3 长果桑 × 桑树栽培品种的 F₁ 代枝条性状表现

2.3.1 树形比例。直立树形 F₁ 代的平均比例为 66.43%,

长果桑 × 农桑 8 号的 F₁ 代比例最低,为 57.45%; 长果桑 × 澧桑 24 号的 F₁ 代比例最高,为 74.56%。开展树形 F₁ 代的

平均比例为 33.57% ,长果桑 × 澧桑 24 号的 F₁ 代比例最低,为 25.44% ;长果桑 × 农桑 8 号的 F₁ 代比例最高,为 42.55% (表 3)。

2.3.2 枝态比例。直立枝态 F₁ 代的平均比例为 71.22% ,长果桑 × 农桑 8 号的 F₁ 代比例最低,为 63.43% ;长果桑 × 云桑 1 号的 F₁ 代比例最高,为 78.52% 。弯曲枝态 F₁ 代的平均比例为 28.78% ,长果桑 × 云桑 1 号的 F₁ 代比例最低,为 21.48% ;长果桑 × 农桑 8 号的 F₁ 代比例最高,为 36.57%

表 3 长果桑 × 桑树栽培品种 F₁ 代枝条表形占比

Table 3 Proportion of F₁ branch shape of long fruit mulberry × mulberry cultivars

%

性状 Traits						
		长果桑 × 云桑 1 号 Long fruit mulberry × Yun mulberry 1	长果桑 × 璜桑 14 号 Long fruit mulberry × Huang mulberry 14	长果桑 × 澧桑 24 号 Long fruit mulberry × Li mulberry 24	长果桑 × 农桑 8 号 Long fruit mulberry × Nong mulberry 8	长果桑 × 无锡短节 Long fruit mulberry × Wuxi short section
树形 Tree shape	直立	72.26	65.37	74.56	57.45	62.53
	开展	27.74	34.63	25.44	42.55	37.47
枝态 Branch states	直立	78.52	76.35	68.57	63.43	69.25
	弯曲	21.48	23.65	31.43	36.57	30.75
节间 Internode	平直	72.67	79.39	75.54	81.72	71.36
	折曲	27.33	20.61	24.46	18.28	28.64

2.4 桑树栽培品种 × 长果桑的 F₁ 代枝条性状表现

2.4.1 树形比例。直立树形 F₁ 代的平均比例为 70.67% ,澧桑 24 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最低,为 43.38% ;农桑 8 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最高,为 85.45% 。开展树形 F₁ 代的

平均比例为 29.33% ,农桑 8 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最低,为 14.55% ;澧桑 24 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最高,为 56.62% (表 4)。

表 4 桑树栽培品种 × 长果桑 F₁ 代枝条表形占比

Table 4 Proportion of F₁ branch shape of mulberry cultivars × long fruit mulberry

%

性状 Traits						
		云桑 1 号 × 长果桑 Yun mulberry 1 × Long fruit mulberry	璜桑 14 号 × 长果桑 Huang mulberry 14 × Long fruit mulberry	澧桑 24 号 × 长果桑 Li mulberry 24 × Long fruit mulberry	农桑 8 号 × 长果桑 Nong mulberry 8 × Long fruit mulberry	无锡短节 × 长果桑 Wuxi short section × Long fruit mulberry
树形 Tree shape	直立	77.53	65.26	43.38	85.45	81.72
	开展	22.47	34.74	56.62	14.55	18.28
枝态 Branch states	直立	75.35	62.28	52.32	40.88	79.43
	弯曲	24.65	37.72	47.68	59.12	20.57
节间 Internode	平直	78.16	71.45	52.48	89.33	87.92
	折曲	21.84	28.55	47.52	10.67	12.08

2.4.2 枝态比例。直立枝态 F₁ 代的平均比例为 62.05% ,农桑 8 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最低,为 40.88% ;无锡短节 × 长果桑的 F₁ 代比例最高,为 79.43% 。弯曲枝态 F₁ 代的平均比例为 37.95% ,无锡短节 × 长果桑的 F₁ 代比例最低,为 20.57% ;农桑 8 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最高,为 59.12% (表 4)。

2.4.3 节间比例。平直节间 F₁ 代的平均比例为 75.87% ,澧桑 24 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最低,为 52.48% ;农桑 8 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最高,为 89.33% 。折曲节间 F₁ 代的平均比例为 24.13% ,农桑 8 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最低,为 10.67% ;澧桑 24 号 × 长果桑的 F₁ 代比例最高,为 47.52% (表 4)。

3 讨论

长果桑与桑树栽培品种远缘杂交 F₁ 代的性状表现主要倾向于母本,也有部分性状虽然亲本中没有,但在 F₁ 代出

现。如亲本均无椭圆形叶,但长果桑 × 桑树栽培品种和桑树栽培品种 × 长果桑的 F₁ 代都有椭圆形叶植株,平均比例分别为 13.28% 和 10.48% 。亲本叶缘均无谷针锯齿,但长果桑 × 桑树栽培品种的 F₁ 代出现谷针锯齿植株的平均比例为 3.07% ;桑树栽培品种 × 长果桑 F₁ 代出现谷针锯齿的杂交组合中,谷针锯齿植株的平均比例为 1.01% 。亲本材料只有农桑 8 号是短尾叶尖,但在长果桑 × 桑树栽培品种和桑树栽培品种 × 长果桑的杂交类型中,亲本无短尾叶尖的杂交组合 F₁ 代出现短尾叶尖植株的平均比例分别为 29.88% 和 24.94% ;亲本材料只有云桑 1 号为钝头叶尖,但在长果桑 × 桑树栽培品种和桑树栽培品种 × 长果桑的杂交类型中,亲本无钝头叶尖的杂交组合 F₁ 代出现钝头叶尖植株的平均比例分别为 14.16% 和 11.86% 。亲本材料只有澧桑 24 号为双头叶尖,但在长果桑 × 桑树栽培品种的杂交类型中,亲本无双

(下转第 36 页)

3 结论与讨论

在红壤中进行玉米种植时,磷施用量不仅能促进玉米的生长发育和养分积累,还能增加土壤中有效磷和全磷含量,更适宜作物生长。该试验条件下,在红壤中,磷施用量为 120 kg/hm^2 效果最佳,玉米株高、茎粗均优于其他处理,生物量也较高,植株茎叶和根系中磷含量在适宜范围。玉米对磷存在“奢侈吸收”现象^[13],当磷施用量为 180 kg/hm^2 时,开始出现植株矮小的磷过量症状。研究表明在辽宁棕壤中玉米最高产施磷量为 $89 \sim 116 \text{ kg/hm}^2$ ^[6],在新疆灰漠土中施磷量为 $75 \sim 150 \text{ kg/hm}^2$ 时,玉米产量最高^[14];在河北潮土中磷肥施用量为 88.1 kg/hm^2 时,玉米产量最高^[15];我国磷肥推荐用量平均为 75 kg/hm^2 ^[16]。由于土壤和环境存在差异,不同土壤中玉米对磷元素的需求量不同,红壤中磷适宜施用量较棕壤和潮土高。因此,在玉米种植过程中应因地制宜施用适量的磷肥,保证满足玉米生长需求而不过量。研究表明,施用磷肥使土壤有效磷、全磷含量显著增加,与前人研究结果一致^[17-18]。

植物生长状况受气候、土壤、肥料种类、水肥管理措施等多因素的影响。当选择其他玉米品种或种植其他作物时,红壤中适宜的磷肥施用量有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 范秀艳,杨恒山,高聚林,等. 施磷方式对高产春玉米磷素吸收与磷肥利用的影响[J]. 植物营养与肥科学报,2013,19(2):312-320.
- [2] 沙晓晴,王西志,魏新燕,等. 磷对不同玉米幼苗生长及根际磷素转化的影响[J]. 河北农业大学学报,2011,34(2):13-17.
- [3] 袁硕,李春俭,彭正萍,等. 磷对不同玉米品种生长、体内磷循环和分配

的影响[J]. 植物营养与肥科学报,2011,17(2):310-316.

- [4] IBRIKCI H, RYAN J, ULLGER A C, et al. Maintenance of phosphorus fertilizer and residual phosphorus effect on corn production[J]. Nutrient cycling in agroecosystems, 2005, 72(3): 279-286.
- [5] BARBER S A, MACKAY A D. Root growth and phosphorus and potassium uptake by two corn genotypes in the field [J]. Fertilizer research, 1986, 10(3): 217-230.
- [6] 邢月华,汪仁,包红静,等. 不同磷肥用量对玉米产量·效益及养分吸收的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(32): 19834-19835, 19923.
- [7] 邱燕,张鼎华. 南方酸性土壤磷素化学研究进展[J]. 福建稻麦科技, 2003, 21(3): 14-17.
- [8] 曹敏建,戴俊英,贾方伟,等. 玉米苗期磷钾营养研究[J]. 土壤通报, 1992, 23(4): 165-167.
- [9] LI R G, BARBER S A. Effect of phosphorus and potassium fertilizer on crop response and soil fertility in a long-term experiment[J]. Fertilizer research, 1988, 15(2): 123-136.
- [10] 耿玉辉,曹国军,叶青,等. 磷肥不同施用方式对土壤速效磷及春玉米磷素吸收和产量的影响[J]. 华南农业大学学报, 2013, 34(4): 470-474.
- [11] 张国桥,王静,刘涛,等. 水肥一体化施磷对滴灌玉米产量、磷素营养及磷肥利用效率的影响[J]. 植物营养与肥科学报, 2014, 20(5): 1103-1109.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社, 2000: 54-55.
- [13] 杜雄,边秀举,刘梦星,等. 磷素营养对青饲玉米产量品质形成与肥水利用效果的影响[J]. 植物营养与肥科学报, 2008, 14(3): 484-489.
- [14] 赵靓,侯振安,李水仙,等. 磷肥用量对土壤速效磷及玉米产量和养分吸收的影响[J]. 玉米科学, 2014, 22(2): 123-128.
- [15] 彭正萍,张家铜,袁硕,等. 不同供磷水平对玉米干物质和磷动态积累及分配的影响[J]. 植物营养与肥科学报, 2009, 15(4): 793-798.
- [16] 吴良泉,武良,崔振岭,等. 中国玉米区域氮磷钾肥推荐用量及肥料配方研究[J]. 土壤学报, 2015, 52(4): 802-817.
- [17] 赵靓. 氮、磷化肥用量对土壤养分和玉米产量的影响[D]. 石河子:石河子大学, 2014.
- [18] 柴颖. 氮磷钾配施对土壤速效养分及玉米产量的影响[D]. 石河子:石河子大学, 2015.

(上接第 33 页)

头叶尖的杂交组合, F_1 代均有双头叶尖植株出现, 平均比例为 3.12%; 桑树栽培品种 × 长果桑的杂交类型中, 亲本无双头叶尖的杂交组合只有云桑 1 号 × 长果桑的 F_1 代出现双头叶尖植株, 比例为 4.75%。亲本材料只有农桑 8 号的枝条稍弯曲, 但在长果桑 × 桑树栽培品种和桑树栽培品种 × 长果桑的杂交类型中, 亲本无弯曲枝条的杂交组合 F_1 代出现弯曲枝条植株的平均比例分别为 26.83% 和 32.66%。亲本材料中只有澧桑 24 号的节间稍折曲, 但在长果桑 × 桑树栽培品种和桑树栽培品种 × 长果桑的杂交类型中, 亲本无折曲节间的杂交组合 F_1 代出现折曲节间植株的平均比例分别为 23.72% 和 18.28%。

长果桑在贵州的野生桑种中是农艺性状表现较好的桑种, 叶面、叶背无毛, 与其他野生桑种相比, 家蚕对其有较好的适口性, 可直接用于养蚕, 在与桑树栽培品种远缘杂交的 F_1 代中, 叶无毛的群体株系多, 易于选择综合性状较好的单株材料。此外, 长果桑的桑果口感好, 挂果量较高, 可直接作果用桑, 也可通过远缘杂交选育果、叶两用的桑树品种。

参考文献

- [1] 韩世玉,周光萍,王晓红,等. 华桑与桑树栽培品种远缘杂交 F_1 代的植物学性状[J]. 贵州农业科学, 2016, 44(11): 7-11.
- [2] 张香桂,倪万潮,沈新莲,等. 新选育陆地型中绒棉品系性状分析

[J]. 中国种业, 2016(12): 58-60.

- [3] 冀丽霞,郭宝德,黄德兰,等. 陆地棉与异常棉远缘杂交后代的杂种优势利用[J]. 中国棉花, 2016, 43(1): 24-26, 30.
- [4] 张锦芳,郑本川,李浩杰,等. 甘白远缘杂交新材料的创建及后代株系鉴定[J]. 西南农业学报, 2015, 28(6): 2389-2394.
- [5] 丁晓六,刘佳,赵红霞,等. 现代月季和玫瑰杂交后代的鉴定与评价[J]. 北京林业大学学报, 2014, 36(5): 123-130.
- [6] 林玲,黄羽,张瑛,等. 野生毛葡萄及其远缘杂交后代栽培性状调查和评价[J]. 西南农业学报, 2012, 25(1): 223-227.
- [7] 刘素恩,郭宝生,王凯辉,等. 棉花海岛型和陆地型远缘杂交后代性状比较研究[J]. 河北农业科学, 2010, 14(7): 60-62, 65.
- [8] 胡大有,王爱云,吴金华. 黑芥与诸葛菜远缘杂交研究[J]. 种子, 2008, 27(5): 10-13.
- [9] 吴才文,PHILLIP JACKSON,范源洪,等. 甘蔗割手密远缘杂交后代产量性状的遗传及分离[J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(2): 262-266.
- [10] 袁汉民,王小亮,陈东升,等. 普通小麦远缘杂交 F_1 代表现型研究[J]. 植物遗传资源学报, 2005, 6(4): 377-380.
- [11] 王子霞,张跃强,海热古力,等. 小麦与小黑麦远缘杂交亲和性研究[J]. 新疆农业科学, 2008, 45(S1): 44-45.
- [12] 赵凤梧,李慧敏,赵明,等. 早稻 × 稗草远缘杂交研究[J]. 华北农学报, 2003, 18(S1): 76-80.
- [13] 杨成超,别婉丽,董雁,等. 银白杨与白榆远缘杂交的研究[J]. 西北林学院学报, 2006, 21(4): 54-57.
- [14] 戴兴临,程春明,宋来强,等. 油菜 × 蔊菜远缘杂交创新油菜种质资源研究[J]. 植物遗传资源学报, 2005, 6(2): 242-244.
- [15] 陈仁芳,陈龙清. 贵州地区桑属 (*Morus L.*) 植物的分布及区系特点[J]. 蚕业科学, 2008, 34(3): 486-489.
- [16] 韩世玉,姜虹,李尧方. 野生长果桑与桑树栽培品种远缘杂交育性研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(26): 14315-14316, 14319.
- [17] 韩世玉. 提高异缘四倍体桑获得率的杂交授粉方法比较试验[J]. 广西蚕业, 1994, 31(2): 25-28.