

潜力,在攀西地区极具开发利用前景,对它的进一步研究和开发将会给当地带来可观的生态效益和经济效益。目前攀枝花市已和美国一家公司签定了300万亩的小桐子种植协议并于2006年内开始实施。为了让小桐子在攀西地区能得到更快更好的发展,提出以下建议。

4.1 加强优良品种选育和育苗技术研究

攀西地区地处金沙江干热河谷区,是我国重要的生态保护区,适合本地区栽培的小桐子优良品种和工业化育苗是小桐子规模化发展的基础。目前攀西地区野生小桐子中已发现部分优良单株,从大量野生变异单株中选出适合攀西地区栽培的优良小桐子品种不失为一个行之有效的方法。加强优良品种的选育和育苗技术的研究,提高小桐子栽培的科技含量。

4.2 培育小桐子初级产品销售网络

在已形成扶贫性规模化的干热河谷区小桐子种植基地的基础上,可建立小桐子果实和叶的销售网络,帮助贫困山区农户脱贫致富。

4.3 建立小桐子工业产品加工基地

在已形成小桐子作为生态产业的基础上,集团性地建立小桐子工业产品加工的产业化基地,形成以提炼“生物柴油”为主的小桐子产品工业链,深入挖掘小桐子综合利用的潜力,提高小桐子种植地区的产业化经济水平。使小桐子产业化发展进入良性循环阶段。

参考文献

- [1] 中国油脂植物编写委员会. 中国油脂植物. 北京: 科学出版社, 1987.
- [2] 林娟, 周选围, 唐克轩, 等. 麻疯树植物资源研究概况. 热带亚热带植物学报, 2004, 12(3): 285~290.
- [3] 张无敌, 宋洪川, 韦小娟, 等. 元谋县小桐子种植的适应性研究. 农业与技术, 2001, 21(1): 22~25.
- [4] 隆孝雄. 四川立地分区及适生树种. 四川林业科技, 2001, 22(4): 54~58.

剑麻遗传育种研究进展

郭朝铭^{1,2} 易克贤²

(¹ 华南热带农业大学农学院, 海南儋州 571737; ² 亚热带作物研究所 广东湛江 524091)

摘要: 阐述现有栽培的剑麻的主要类型及其特点,总结了国内外剑麻选育种的经验。从常规育种、基因工程育种方面评述了剑麻育种研究进展,分析了影响剑麻选育种工作快速进展的主要因素。根据剑麻本身特点和生产工作上存在的问题,提出了剑麻近远期育种目标及途径。

关键词: 龙舌兰科 遗传育种 基因工程

龙舌兰科植物共有21个属约670个种^[1]。分布美洲、非洲、亚洲、太平洋以及大西洋、印度洋的一些岛屿等热带、亚热带地区,其中以墨西哥和美国交界处的索诺拉(sonora)荒漠种类最多。龙舌兰麻类系龙舌兰科所属单子叶植物的统称,俗称剑麻^[2]。剑麻叶片呈剑形,硬而狭长,具有喜温、耐旱的特点,适于热带、亚热带广大地区栽培。剑麻叶片纤维,具有纤维长,拉力强,耐腐蚀,不易打滑等特点,广泛应用于渔业、航海、工矿、运输、油田等行业^[3]。

1 剑麻现有的主要栽培品种

目前全世界种植剑麻的国家约有20多个,主产国

有:墨西哥、巴西、坦桑尼亚等。中国也是剑麻主要生产国之一,产地主要分布在广东、广西、海南、云南、福建等热带和亚热带地区^[4]。剑麻生产自发现以来一直向前发展。现有栽培的龙舌兰麻有以下几种:

龙舌兰杂种第11648号(Agave hybrid NO. 11648),俗称剑麻。由东非洲坦噶尼喀剑麻研究站育成,适于年平均气温在16℃以上(最适为22~24℃,日温差10℃左右,年降雨量1000~1500mm地区生长,耐-3.5℃的辐射低温。但易染斑马纹病和茎腐病,亦易遭“红蜘蛛”为害。体细胞染色体数60,为二倍体,后代可育,可作杂交亲本。

普通剑麻(Agave sisalana Perr) 英文名Sisal, 纤维名

称西沙尔麻(Sisal hemp)或巴哈马麻(Bahama hemp),原产中美洲,叶狭长,直立呈剑状,周期纤维产量比H. 11648麻低。耐寒力比H. 11648麻差,易发生生理性叶斑病。体细胞染色体数为135、147、和149三种,约为 n 的五倍,系五倍体,减数分裂后染色体不配对,自交不亲和。

灰叶剑麻(*Agave fourcroydes* Lem),英文名Henequen,别名墨西哥剑麻或尤卡丹剑麻。原产于墨西哥,为世界栽培最多的产地。体细胞染色体数目140,为五倍体,一般杂交不可育。

马盖麻(*Agave cantala* Roxb)英文名Manila maguey。原产于东印度,后传入菲律宾。所产纤维纤维率高。体细胞染色体数目为90,是三倍体,其杂交后代一般不育,自然授粉不结果,但人工截短花轴后能结果。

番麻(*Agave americana* L)英文名Blue aloe, Mexican maguey。别名世纪树、宽叶龙舌兰、百年兰。原产于中美洲,番麻叶片少而宽,叶缘有钩齿,是目前栽培龙舌兰麻中产量最低、拉力最差的一个种,但耐寒力、抗病虫害力强,一般温差和零下低温均不受害,在我国北纬 30°C 以南地区都有番麻的分布。体细胞染色体数目为60、120、180、240,分别为二、四、六、八倍体,后代可育,可作杂交亲本。

假菠萝麻(*Agave angustifolia* Hew)别名短叶龙舌兰。因叶片短,叶缘有刺而没有集约栽培价值。但由于叶片特多,可作杂交亲本。体细胞染色体数目为60、120,为二、四倍体,后代可育,可作杂交亲本^[5]。

2 龙舌兰麻主要经济性状遗传

道蒂(L. R. Doughty)^[16]的研究工作指出:龙舌兰属的染色体基数 $n=30$,这一属包括许多具有两组以上染色体的多倍体品种。他描述剑麻(*A. sisalana* Perr.)约有染色体138,相当于基数染色体数目的五倍,为五倍体($5n$),灰叶剑麻(*A. fourcroydes* Len)染色体140,亦为五倍体,马盖麻 $3n=90$ 为三倍体、蓝剑麻 $2n=60$,假菠萝麻 $2n=60$,均为二倍体。由于染色体数目的多倍性,配偶子容易含有不同数量的染色体使其遗传潜力有很大的不同。格兰尼克(E. B. Granik)等用蓝剑麻或假菠萝麻等体细胞染色体数目为偶数的两倍体作亲本进行杂交,其后代 F_1 具有可育性,尚用马盖麻(三倍体)或剑麻(五倍体)其体细胞染色体为奇数的作亲本,其后代 F_1 具不可育性,从而减少了有性杂交的盲目性。

据湛江龙门剑麻研究所报道:产叶数量这一性状是显性的,亲本产量高,杂种后代具有较多产叶量的植株。据调查,在H. 11648 $\times$ 剑麻组合中, F_1 代的叶片数、叶长、叶宽、单叶重、单叶纤维重、纤维率及拉力等性状均接近两个亲本的平均数,受数量性状遗传的支配。如番麻 $\times$ H. 11648组合 F_1 代的增叶数比番麻多29%~43%;比H. 11648少32%~36%。同一组合内的个体间也有很大差异,子代的变异,将为育种工作提供丰富的材料。

在抗病方面,亲本抗病(指抗斑马纹病),子代会出现部分抗病植株,番麻 $\times$ H. 11648杂交组合中,番麻是抗病亲本, F_1 代中有23%~43.59%的植株表现为抗斑马纹病;亲本不抗病,其后代也不抗病。据广西亚热带作物研究所接种119个组合和辐射处理(C_0^{60} 、激光、快中子等),抗病植株占9.74%。在表现抗病的植株中都有番麻亲本的组合,番麻是抗斑马纹病的抗亲本。在灰叶剑麻 $\times$ 剑麻杂交组合中其双亲都不具抗病基因。因此在 F_1 代没有表现抗斑马纹病的植株。

叶缘有刺也是显性性状,亲本之一叶缘有刺,其 F_1 代大部分植株的叶缘有刺。据调查,H. 11648(无刺) $\times$ 假菠萝麻(有刺), F_1 代叶缘有刺的占64.52%,叶缘无刺占35.48%。反交的假菠萝麻 $\times$ H. 11648, F_1 代叶缘有刺占93.46%。番麻叶缘(有刺) $\times$ H. 11648(无刺),其 F_1 代叶缘有刺占99.83%。杂交的结果显示:母本叶缘有刺,其后代表现有刺类型更多。^[6]

3 剑麻育种的方式

3.1 常规的育种方式

3.1.1 有性杂交

有性杂交是龙舌兰麻育种的最主要方法。它是用人工的方法,把一个或多个优良品种的花粉授到另一个品种的柱头上。使其受精结实,产生杂种,再通过培育选择获得新品种。

早在1931年东非坦噶尼喀剑麻研究站就开展龙舌兰麻选育种工作,经过22年的努力,育成丰产较耐寒的H. 11648。1961~1971年东非坦桑尼亚和肯尼亚剑麻试验站用具有抗斑马纹病能力的莱氏龙舌兰麻(*Agave lespinassei* Trel)为母本,以多叶片的H. 11648为父本,进行杂交育成抗斑马纹病的新杂种H. 67041。巴西花了16年的时间(1958~1974)进行了蓝剑麻与假菠萝麻杂交,选育出比剑麻具有更多叶片的新杂种^[6]。我国在这方面

也取得相当可喜的成绩,如 H. 11648 × 剑麻,通过有性杂交选育出剑麻新品种粤西 114 号,抗病性较强,这个品种已在斑马纹病和剑麻茎腐病区补植和种植,取得较好的经济效益。H. 11648 × 剑麻这一组合选出的还有较好苗头的如东 16 号。番麻 × H. 11648 组合初选具有一些较好性状的如东 368 号、广西 76416 号^[7],剑麻粤西 114 号 × H. 11648,经多年筛选和培育获得具有优良性状较为理想的南亚 1 号、南亚 2 号剑麻新品种等。

3.1.2 无性选种

龙舌兰麻无性繁殖采用吸芽、珠芽和地下茎作为繁殖材料。无性后代的遗传性一般是比较稳定的,但在不同外界条件下,常有芽变现象发生。例如:1964 年英国人伦辛(F. H. G. Lensing)在肯尼亚的洛莫洛(Lomolo)麻园的剑麻中选出植株高大,叶片特多的新变种。广东省国营东方红农场在长期栽培番麻选出了无刺番麻的变种。火炬农场从剑麻园中选出了叶片数多的剑麻单株。因此,用单株选择的方法,选出优良的植株,可以培育成新品种。

3.2 现代技术在剑麻育种中运用

3.2.1 诱变育种

诱变育种作为一种新的育种方法,历史较短、起步较晚,但由于其具有方法简便易行、育种年限较短等特点,取得的研究成果相当显著。诱变育种在改良生育期、抗性(抗病、耐寒、耐旱)、结实性(高产)与植株矮化等综合性状方面均取得重大进展。诱变育种是利用各放射线,如 X 射线、γ 射线、β 射线、中子和激光等处理种子、珠芽、吸芽和地下茎切段,促使它们的遗传性发生变异,从中选育新的品种。辐射育种的特点是:可以提高变异频率、扩大变异范围,为选育新品种提供丰富的原始材料,辐射产生的变异部分稳定较快,可以在短期内选出新品种。华南热作院等单位利用 γ 射线诱变育成了高产品种植辐四、金丰一号、金丰二号高产抗病品种和银边东 1 号观赏品种^[8]。我国麻类诱变育种研究在 γ 射线应用方面研究较多,但 X 射线、快中子同样具有很好的诱变效果,值得进一步加强这方面的研究,对于诱变育种大多数科学家注重植株后代表现结果,对于诱变机理及基因突变的成因研究较少。今后应探索与基因工程等生物技术相结合,进一步提高诱变育种的方向性与准确性。近年来,迅速发展航天育种,已成为诱变育种新的发展方向,为诱变育种工作注入了新的活力。

3.2.2 体细胞杂交

近代的植物体细胞杂交研究起步于 20 世纪 70 年代,Power 等于 1970 年提出了体细胞杂交设想并进行了原生质体诱导融合的研究,1972 年美国 Carlson 等报道了首例粉蓝烟草与郎氏烟草两种不同的烟草原生质体融合并首先得到了种间体细胞杂种;1978 年 Melchres 等第一次得到的番茄与马铃薯属间体细胞杂种;随后 Kasaka 和 Kamega 报告将番茄叶肉原生质体与胡萝卜悬浮培养细胞原生质体进行电融合,经选择获得科间杂种^[9]。这种方法可以克服远缘杂交受到杂交不亲和的限制,使植物中不同科、属、种间的细胞原生质体融合,经过培养而育成具有亲本优良特性的新杂种。近几年植物配子-体细胞杂交有迅速的发展,特别是在用幼嫩花粉、成熟花粉原生质体与体细胞原生质体杂交相继成功。虽然,这项技术在许多种类的植物上取得成功,但是,在剑麻选育种上,尚未有关通过此技术取得优良新品种的报道。

3.2.3 组织培养技术

目前由于栽培品种单一性比较严重,品种优良性状退化日益严重,再加上茎腐病和斑马纹病等病害严重,使剑麻减产甚至整个地区剑麻歉收,而且剑麻一般采用母株钻心、腋芽繁殖种苗^[10],易出现早花现象。通过组织培养技术快速繁殖种苗,获得无菌苗,为提高品质及产量开辟新途径。现在已有对一些出现在抗性和产量上有着明显优势的母株,通过器官发生、胚胎发生^[11、12]用剑麻组织培养技术把其保持下来,用来选育出新品种的研究报道。目前,已经在某些品种上得到突破,但由于还有一些客观上的因素,新品种选育道路还需进一步的努力。

3.2.4 基因工程育种

利用植物基因工程技术,可以打破物种间的界限,从各种生物中提取有用的基因,通过基因转移改良现有品种,不但可以大大缩短育种周期,而且基因工程具有高效性、专一性等特点,可以对剑麻进行定向改良。随着生物技术水平的不断发展,越来越多的育种专家开始倾力于这方面的研究。在剑麻的遗传育种上,由于受其本身条件的限制,其它育种方式进展受到很大的阻碍,开辟基因工程育种的工作,将会给剑麻育种带来一次突破性的飞越。分子标记技术正大规模运用到种质亲缘关系分析和检测种质多样性以及遗传多样性的研究。现在运用比较多是分子标记技术如 RFLP、RAPD、AFLP 等。而 AFLP 以其稳定性及高的重复性,将得到更加广泛运

用。AFLP标记是进行种质亲缘关系分析和检测种质多样性的有效工具,可以确定亲本之间的遗传差异和亲缘关系,从而确定亲本间遗传距离,并进而划分杂交优势,提高杂种优势潜力^[17]。

4 研究的前景

国内外开展龙舌兰麻育种研究已有50多年的历史,但育成的优良品种不多,进展缓慢。剑麻的主要育种方式是常规的有性杂交,而龙舌兰麻的生长周期较长(一般10~15年),一生只开一次花;各品种的花期不一致;花粉贮藏不易等因素给育种工作带来了很多的困难。针对这些问题,今后的育种工作更应该把握好以下几点。

4.1 确定近远期的育种目标

根据现在剑麻生产实践中存在的问题,确定近期和长远的育种目标。剑麻育种目标总的要求是:新品种具有高产、优质、抗逆性强,皂素含量高等综合性状优良。但由于当前生产发展需要,首先要提高产量和增强抗病力(抗剑麻斑马纹病及剑麻茎腐病),或者产量虽然提高不多(或产量接近),但在抗病能力或纤维品质方面有明显改进。只有在品种的抗病高产方面有所成效之后,对进一步改进纤维含量和皂素含量及其它性状才会显得重要。

4.2 积极搜集与引进新的剑麻种质资源

龙舌兰麻原产地如墨西哥、坦桑尼亚等国拥有丰富的种质资源。龙舌兰属257种,但其中约有50种龙舌兰麻种质资源中蕴藏着各种性状的遗传基因,具有重要经济价值是育种工作的基础和重要材料,国外育种成效较显著,主要是有大量的龙舌兰野生植物和半野生植物,因此,积极搜集、发现新种质并进行鉴定、筛选和利用^[14],在此基础上,才有可能取得事半功倍的效果。

4.3 运用现代分子生物技术,加快育种步伐

现在剑麻育种仍以常规育种为主,国内外剑麻新品种绝大多数是常规方法育成。在加强常规育种的同时,应该加强现代分子生物技术在育种上的运用。通过植株再生体系的研究、基因转化、^[15]分子标记辅助育种等方法,为剑麻的遗传育种注入新的活力,快速育成具有高产、优质、抗逆性强及皂素含量高等综合性状优良的新品种,从根本上解决当前大面积种植单一品种H.11648,

易发生剑麻斑马纹病、茎腐病等潜在危险。

参考文献

- [1] 林伯达. 加速选育龙舌兰麻新良种. 福建热作科技, 1990(1) 10~17.
- [2] 裴超群. 龙舌兰科植物资源调查报告, 广西热作科技, 1997(1).
- [3] 钟文惠. 世界剑麻产销概况及中国剑麻产业的发展前景. 热带农业工程, 2003(3).
- [4] 吕江南等. 全国麻类生产调查报告 VI. 中国麻作, 2005, 27(1).
- [5] 蔡东宏. 中国剑麻业现状和发展对策. 广西热作科技, 2000(4).
- [6] 中国农业科学院麻类研究所. 中国麻类作物栽培学.
- [7] 谢恩高等. 剑麻选育种工作的回顾与展望. 中国麻作, 1994. 16(3): 10~12.
- [8] 龚友才, 粟建光. 麻类作物诱变育种的现状与进展. 中国麻作, 2002, 24(4).
- [9] 谢恩高等. 剑麻抗病高产新品种的选育及其探讨. 中国麻作, 1996, 18(2): 14~17.
- [10] 李道和等. 剑麻栽培. 北京: 中国农业出版社, 1998. 75~79.
- [11] T. D. Nikam, G. M. Bansude, K. C. Aneesh Kumar, Somatic embryogenesis in sisal Plant Cell Reports Volume 22, Number 3 October 2003 Pages: 188~194.
- [12] S. K. Hazra, Sudipta Das, A. K. Das Sisal plant regeneration via organogenesis Plant Cell, Tissue and Organ Culture Volume 70, Number 3 September 2002 Pages: 235~240.
- [13] 陈叶海. 东方龙舌兰麻种质资源圃的建立. 热带农业科学, (5).
- [14] 谢恩高. 剑麻种质改良与育种. 中国麻作, 1996(1): 11~13.
- [15] 魏岳荣. 生物技术在香蕉育种中的应用. 果树学报, 2003. 20(5): 393~398.
- [16] Moffett, J., P., A Review of its Resources and their Development, Government of Tanganyika.
- [17] 吕振岳等. AFLP标记及在植物中的应用. 生物技术, 2001, 11(6).