

湖南农业大学

硕 士 学 位 论 文

红麻种质资源遗传多样性及其形态学
与细胞学分类研究

陈基权

二 00 六年六月

分类号_____

密 级_____

U D C_____

单位代码 10537_____

湖南农业大学

硕 士 学 位 论 文

红麻种质资源的遗传多样性及其形态学
与细胞学分类研究

Studies of Kenaf's (*Hibiscus cannabinus* L.) Genetic
Diversity and Its Morphological and Cytological
Classification

研究生姓名 陈基权_____

指 导 教 师 严钦泉 研究员_____

副指导教师 栗建光 研究员_____

学 科 专 业 作物遗传育种学_____

研 究 方 向 作物种质资源_____

提交论文日期 2006 年 6 月 13 日 论文答辩日期 2006 年 6 月 10 日

答辩委员会主席 张日清_____ 论文评阅人 崔国贤, 王玉富_____

学位授予日期_____

二 00 六年六月

独 创 性 声 明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得湖南农业大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

研究生签名：

时间：

年 月 日

关于论文使用授权的说明

本人完全了解湖南农业大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。同意湖南农业大学可以用不同方式在不同媒体上发表、传播学位论文的全部或部分内容。

(保密的学位论文在解密后应遵守此协议)

研究生签名：

时间：

年 月 日

导师签名：

时间：

年 月 日

红麻种质资源遗传多样性及其形态学与细胞学分类研究

中文摘要

红麻种质资源收集和保存数量、遗传多样性日益增多,有必要对现有材料进行整理和鉴定。本文对 15 份红麻栽培种、10 份野生种和 5 份近缘材料进行了形态学鉴定,根据红麻种质资源鉴定评价标准,选择了 8 个主要描述符并比较出可靠的描述符顺序对红麻种质分类。对其中 7 份栽培种和 8 份野生种进行了细胞学核型分析,通过研究染色体大小与形态、核型,描绘核型模式图,在染色体水平上研究红麻不同品种间的遗传差异和进化关系。结果表明:

1. 30 份材料均为一年生草本植物,叶、茎、花、果、种子等形态特征差异明显。根据苞片端部形态性状把红麻分为苞片渐尖(I)、钝形(II)和分叉(III)三大类群。在第 I 类群中根据叶形分为全叶与裂叶两个亚群:全叶亚群均为栽培种,绿茎材料有 2 份,红茎和紫茎材料各 1 份。裂叶亚群内遗传多样性丰富,绿茎材料 5 份,红茎材料 16 份,紫茎材料 1 份。

2. 根据形态差异对材料间亲缘关系作了初步研究。全叶亚群中 7804、722 亲缘关系最近,古巴 8 号、阿联红麻亲缘关系较远;裂叶亚群中青皮 3 号、闽红 362 和 IDN147 三者,元江红麻、GA42、SL254、ZB324 和 UG93 五者亲缘关系最近,与其他材料关系较远;认为勐海紫茎是半野生种;85-283 与其他材料亲缘关系最远,可能不属于木槿属。

3. 染色体核型分析结果。15 份材料核型不对称系数(ASK)在 53.48%-62.61%之间,表现较为对称。染色体臂比在 1.00-3.84 之间,变异较大。染色体绝对长度变幅为 1.11-6.22 μm ,为中、小染色体,相对长度变幅为 3.05%-10.50%。15 份红麻材料存在如 $2n=36=30M+4SM+2M(\text{SAT})$ 、 $2n=36=34M+2SM$ 等 12 种核型公式,分为 1A、2A、1B 和 2B 等 4 种核型对称类型。染色体大多是中部或亚中部着丝粒,发现 3 份材料具端部着丝粒,其中 1 份材料具亚端部着丝粒。GA42、ZM412、ZF133、青皮 3 号、和 722 等无随体,古巴 8 号、闽红 362、元江红麻、ZB324、ZB225、塔什干、泰红 763 等有一对随体,PA364、UG93、IDN147 有两对随体。随体大小又可分为普通型、较大型和特大型 3 类。

4. 分析了红麻染色体绝对长度、相对长度和臂比值的分布规律。品种内染色体绝对长度、相对长度和臂比值差异显著,品种间染色体绝对长度、臂比值差异显著,相对长度差异不明显。认为染色体绝对长度和臂比可作为分类指标,相对长度不宜作为分类指标。

5. 形态学结论与核型比较分析。采用形态学与细胞学方法所得的结论虽然有

一些不相吻合，但综合来看分类结果还是比较可信的。红麻细胞学标记可以用于红麻亲缘关系及种质鉴定的分析。

关键词：红麻；种质资源；亲缘关系；形态；核型分析

Studies of Kenaf's(*Hibiscus cannabinus* L.) Genetic Diversity and Its Morphological and Cytological Classification

Abstract

With the increase of kenaf(*Hibiscus cannabinus* L.)germplasm's quantity and genetic diversity, the accessions collected must be tidied and appraised.15 kenaf cultivars,10 wild kenaf and 5 kenaf sibling species are conducted to morphological classification.8 main descriptors based on “ the descriptors and data standard for kenaf ” are selected and arrayed to classify kenaf germplasm.7 of these cultivars and 8 of wild kenaf are conducted to karyotype analysis. Genetic difference and evolution progress are studied by observing and measuring the size and shapes of chromosomes, karyotypes and drawing chromosomal idiograms.The results show that:

1.All the 30 kenaf accessions are annual herbal plants, there are significant morphological differences in leaves, stems, flowers, fruits and seeds. Kenaf are classified into 3 types namely acuminate type, obtuse type and forked type judging from the shape of bract top. The type is classified into 2 sub-types namely lobed leaf and unlobed leaf sub-types judging from the leaf shape. All the unlobed leaf sub-type are cultivars , contains 2 green stem accessions,1 red stem and 1 purple stem accession respectively. The lobed leaf sub-type has very abundant genetic diversity, which contains 5 green stem accessions,16 red stem accessions and 1 purple stem accession.

2.Relations have been analyzed elementarily based on morphological differences. Cultivars 7804 and 722 are near genetic relations while Cuba -8 and Alain kenaf are further relations in the unlobed leaf sub-type ; Qingpi-3, Minhong362 and IDN147 are intimate,Yuanjiang kenaf,GA42,SL254, ZB324 and UG93 are in another intimate group,the two groups is further relations from other materials. Menghai Zijing is considered to be a half-wild kenaf. 85-283 is the farthest relation from other materials,

maybe not belong to *Hibiscus*.

3. Results of karyotype analysis. 15 accessions' ASK value is between 53.48 %-62.61 %, appearing relatively symmetrical. Chromosomal arm ratio are between 1.00-3.84, appearing significant difference. The real length of chromosomes are 1.11-6.22 μm (median and small chromosome), relative length are 3.05 %-10.50 %. 15 accessions have 12 karyotype formulae such as $2n=36=30M+4SM+2M(SAT)$, $2n=36=34M+2SM$. They are also typed into 4 karyo-types: 1A, 2A, 1B and 2B. Most of the chromosomes are median and submedian centromere, 3 materials have telocentric chromosomes, 1 of them has acrocentric chromosomes. GA42, ZM412, ZF133, Qingpi-3 and 722 have no satellite; Cuba-8, Minghong362, Yuanjiang kenaf, ZB324, ZB225, Tashigan and Taihong763 have one pair of satellites; PA364, UG93 and IDN147 have two pairs of satellite. Sizes of satellites can be classified into normal, larger and especially large.

4. The distribution of chromosome real length, relative length and arm ratio are analyzed. Chromosome real length, relative length and arm ratio in the same cultivar are significant difference, real length and arm ratio are significant difference while relative length is non-significant difference between cultivars. And draw this conclusion: chromosome real length and arm ratio can be the classified index while the relative length can not.

5. Comparison of morphological and karyotype analysis methods. The results can be considered credible though there are somewhere non-unanimous between the results of morphological and cytological classification methods. Cytological analysis can be a hopeful marker used to study the relation of materials and accession evaluation.

Keywords: Kenaf; Germplasm; Relation; Morphology; Karyotype analysis

目 录

中文摘要	i
英文摘要	iii
前言	1
国内外研究进展	3
1 红麻综合开发利用	3
1.1 红麻制浆造纸的开发	3
1.2 红麻纤维纺织品的开发	4
1.3 红麻工业板材的开发	5
1.4 红麻饲料的开发	5
1.5 麻地膜的研发	6
2 红麻种质资源研究现状	6
2.1 我国红麻种质资源搜集情况	6
2.2 我国红麻种质资源保存	7
2.3 我国红麻种质资源分类研究	7
2.4 国外红麻种质资源研究	10
材料与方法	12
1 形态学分类	12
1.1 材料	12
1.2 方法	12
1.3 性状描述规范与标准	13
1.4 描述符的选择	16
1.5 主要描述符的排序	16
1.6 形态分类树状图的描绘	16
2 细胞学分析	16
2.1 材料	16
2.2 设备、仪器和试剂	16
2.3 方法	16
结果与分析	19
1 红麻形态学分类结果	19
1.1 红麻叶的形态特征	19
1.2 红麻茎的形态	19

1.3 红麻花的形态·····	19
1.4 红麻花萼和苞片形态·····	20
1.5 红麻蒴果形态·····	20
1.6 红麻种子形态·····	20
1.7 形态分类图表·····	20
1.8 形态分类结果的分析·····	22
2 红麻细胞学分析结果·····	23
2.1 红麻染色体数目·····	23
2.2 红麻染色体形态·····	23
2.3 红麻染色体的随体·····	24
2.4 红麻染色体核型·····	24
2.5 红麻染色体绝对长度的分布·····	33
2.6 红麻染色体相对长度的分布·····	34
2.7 红麻染色体臂比值的分布·····	35
讨论·····	37
1 红麻形态学分类·····	37
1.1 形态学分类的可行性·····	37
1.2 形态学分类的主要难点与局限性·····	37
1.3 形态学分类方法的建立·····	37
1.4 基于形态学分类的红麻亲缘关系·····	38
2 红麻细胞学分析·····	38
3 核型分析与物种亲缘关系的探讨·····	39
4 形态分类与核型分析结果的比较·····	40
5 植物分类方法的比较·····	40
参考文献·····	41
附录·····	45
致谢·····	47
作者简介·····	48

前言

植物种质资源是人类生存和发展的物质基础和战略资源。人类生存环境的改善和生活质量的提高,农业可持续发展和生物技术的突飞猛进主要依靠生物种质资源中宝贵基因的保存、开发与利用。种质资源的搜集、保存、鉴定和创新是拓展栽培种遗传基础和作物新品种选育及其产量、品质改良的重要条件。一个国家或研究单位所拥有的种质资源的数量和质量,以及对其特性和遗传规律研究的深度和广度是决定育种效果的重要条件,也是衡量一个国家或单位育种工作发展水平的重要标志之一。回顾作物育种的历史,任何一次育种取得的巨大成就都归因于特异种质和有利基因的发掘与利用。人类目前还不能创造出基因,随着现代生物技术的发展,对生物种质资源的依赖性将越来越高。

红麻 (*Hibiscus cannabinus* L.) 也称洋麻,是锦葵科 (*Malvaceae*) 木槿属 (*Hibiscus*) 一年生韧皮纤维作物,已有 4000 多年的栽培历史,但是红麻在我国作为一种作物大面积栽培是从 1908 年台湾省引进印度品种“马达拉斯红”(Madras Red) 开始的。红麻在世界各地广为分布,主要集中在非洲和亚洲热带亚热带地区。中国、印度、孟加拉是三大红麻生产国,常年产量占世界总产 80 % 以上。红麻具有纤维产量高、适应性广、抗逆性强、耐旱、耐盐碱、耐贫瘠土壤等优点,20 世纪 80 年代后逐渐取代黄麻,成为我国栽培面积最大,总产和单产最高的麻类作物。

红麻种质资源遗传多样性十分丰富,形态特征和生物学特性差异较大。早在 1911 年, G.L.C.Howard 等根据叶形、茎色、叶柄色及熟期将栽培红麻分为 5 个变种和 8 个类型。虽然评价指标和性状有一定的变动,但这一评价、鉴定方法一直被广泛沿用至今。邓丽卿等对红麻染色体进行观察,发现了 2 种核型,并根据核型对称性鉴别栽培种和野生种。近年来人们利用分子标记技术对红麻种内亲缘关系进行研究,不仅能够精确地理清其亲缘关系的远近,还能研究系统进化和基因定位等。随着红麻种质资源数量的增加,对红麻进行分类与评价显得尤为重要。采用形态学、细胞学和分子标记对红麻种质资源进行分类、鉴定与评价,可为红麻种质资源的利用奠定基础,为红麻育种提供重要的背景资料。

1 研究的立题依据

作物种质资源是作物遗传育种的物质基础,作物遗传标记的应用促进了遗传育种学的发展。从形态学标记、细胞学标记、生化标记向分子标记方向发展,经历了由现象到本质,由宏观到微观,由形态学水平、染色体水平到 DNA 分子水平的发展过程。虽然随着分子生物学研究的不断深入,人们逐渐倾向于分子标记的

研究，但是红麻的分子理论研究不如水稻、拟南芥等那样深入，没有建立起物理图谱，基因背景也不详细，仅报道了 32 个微卫星位点，这些都限制了分子标记在红麻种质资源亲缘关系研究中的应用。形态学标记的研究已经很成熟，是遗传育种的主要依据，而且方法简单易行、费用较低。细胞学标记具有 DNA 分子标记的部分优点：(1) 标记基于自然变异；(2) 不依赖于基因表达；(3) 不受表型效应影响；(4) 不受环境变化、生理因素、组织器官、发育阶段的影响等特点。因此，细胞学标记具备可靠性和高效性，与形态学标记具有互补作用。

2 研究目的与意义

对具有不同遗传背景的红麻种质资源材料亲缘关系的研究，明确不同层次材料间的系统进化，为品种鉴别和红麻种质资源的起源演化提供理论指导。本研究通过细胞学分析技术结合形态学考察的方法，对生产上具有代表性或新收集的 30 份红麻材料进行形态考察，并对其中 7 个栽培品种和 8 份未知背景的野生种进行核型分析。探索栽培类型、野生类型和近缘类型之间以及类型内品种（材料）间的亲缘关系，鉴定出优异种质以提供育种利用。为分析红麻种子纯度，鉴别品种真伪，提供形态鉴定技术；同时为种质资源核心种质库的建立奠定基础。

3. 创新点

- ①部分材料是新收集的，前人没做过分类研究。
- ②首次采用描述符的概念对红麻形态进行描述。
- ③认为染色体绝对长度和臂比可作为分类指标，首次提出染色体相对长度不宜作为分类指标。

国内外研究进展

红麻与棉花是“堂兄弟姐妹”，都是锦葵科的纤维作物。以往研究表明：(一)红麻生长周期短，植株高大粗壮，单位面积产量为一般树木的 3-4 倍^[1-4]；(二)抗逆性和耐环境胁迫能力强，具有很强的抗旱、耐盐碱、耐瘠和耐涝淹能力，能在接近沙漠的地区种植，起到减缓风速^[5]、保持水土、抑制沙漠扩散的作用；(三)适应性广，栽培管理要求不严，劳动投入少，生产成本低；(四)全株由长纤维（韧皮）和短纤维（麻骨）构成，可用于打字纸、胶印书刊纸、牛皮箱板纸、卷烟纸、绝缘纸等多种纸种的制造^[6-10]；(五)可做土工布^[11]、纤维强化合成材料及化学吸附剂原料；制造纤维板材粒间粘合强度高，具有良好的吸湿性，延展性和隔音效果，散水、散热快^[12-16]；(六)产品无污染，易生物降解；(七)幼株或种子蛋白质含量高，可加工成动物易于吸收的饲料^[17-19]；(八)种植密度高，群体同化 CO₂ 能力为同面积热带雨林的 2 倍^[20]，具有特强的氮磷钾等吸收能力，适于各种水体的富营养化治理和生活污水的高度处理，有极好的环保效应。

1 红麻综合开发利用

1.1 红麻制浆造纸的开发

红麻生长快，4-5 个月可长至 4-5 m，每公顷干物质年产量 6-10 t，优良品种可达 12 t，一般为南方松（成材需 7-40 年）产量的 3-5 倍。红麻茎由韧皮、麻骨和髓三部分组成^[21]。韧皮部占全秆干重的 35 %-40 %，比一般麻类作物高 1-2 倍，纤维为中长纤维，平均长度约 2.5 mm，纤维素含量高，可代替针叶木浆。麻骨占全秆的 55 %-60 %，纤维长度较短，约 0.5-0.7 mm，接近阔叶木。木质部纤维细胞壁特别薄，纤维结合力强，与某些厚壁纤维配合使用，可起到补强性填料浆的作用。髓部占全秆的 1 %-2 %，由薄壁细胞和杂细胞组成，对制浆造纸有不利影响^[22,23]。

造纸用红麻纤维品质与纤维细胞的长度、长宽比、壁厚及壁腔比、纤维素与木素含量、纤维粗度密切相关，各因素的变化对纸浆得率、纸张抗张强度、撕裂度等性能有直接的影响^[24]。研究表明：(1)播期对红麻纤维细胞长度无明显影响，韧皮纤维中纤维素和木素含量随播种期推迟呈增加的趋势，髓芯比重随播期的推迟而明显增加，细浆得率显著降低；到 11 月中旬，红麻自然停止生长，有利于提高产量和质量，若适应当地的气候与种植制度，红麻应早播晚收。(2)红麻长纤维主要集中在麻株中下部(50 节以下)，红麻茎秆产量也集中在中下部，在新品种选育和栽培管理方面都应着重于麻株中下部产量与质量。(3)木质部纤维细胞受栽培密度影响较大，韧皮纤维细胞受密度影响不显著，最佳密度应控制在 30-37.5

万株/km²范围内, 过大或过小均对产量和品质不利^[25-27]。

利用红麻生产纸浆的历史可追溯到 19 世纪末, 最早为怀特在印度《经济植物词典》中提到, “红麻纤维在印度孟加拉邦被用于生产纸浆”, “用红麻纤维生产的纸的强力比英格兰银行证券纸浆生产的纸还好”。Biswas (1935) 在当代科学 (Current Sciences) 中提到, 红麻是达卡、东孟加拉的主要造纸原料。自 1957 年始, 美国开展了“新纤维作物的探寻研究”^[28-33], 在大约 3000 多种植物中 (其中包括 500 多种纤维植物), 搜索适合制浆造纸的材料。红麻以其生物产量高, 纸浆得率高、品质优等特点脱颖而出。随后的几十年中, 美国、日本等国家围绕红麻种植和造纸进行了系统研究^[34]。1986 年, 美国农业部和一家联合专业公司——红麻国际 (Kenaf International) 启动红麻示范项目, 其目的是促进和展示红麻制浆和造纸利用。第二期项目在 1989 年成功完成, 82 %红麻+18 %漂白浆新闻纸在美国四个新闻纸厂试制成功。美国发觉纸业 (Vision paper) 正在进行 100 %红麻, 无林、无氯和无酸纸的商业化开发。新墨西哥洲的 KP 公司 (KP products) 计划建一年产量 4 万吨的红麻纸厂。国内先后有 16 家造纸企业以红麻为原料进行了制浆造纸试验, 有些顺利通过中试并进入批量生产。但由于大多厂家忽视了品种的选用, 忽视生产基地建设, 导致原料短缺和运输成本过高; 部分制浆设备需要较高的投资, 厂家不愿意把原有适合以木材为原料生产纸张的设备改换成以红麻为原料造纸的设备, 只是对原有设备进行改装; 另外红麻浆的低密度和较差排水性, 导致生产效率不高, 质量也无法保证。这些都制约了红麻制浆造纸的发展, 部分厂家不久就不得不转回使用木材原料。

1.2 红麻纤维纺织品的开发

红麻传统上用来编织麻绳、麻袋和地毯等。近年来由于受到化纤的冲击, 其市场严重萎缩; 目前, 人们崇尚自然和返朴归真的意识加强, 红麻织物具有的独特风格, 越来越引起人们的关注。红麻纺织产品被广泛应用于工艺品、旅游产品、鞋类、室内装饰等许多领域^[35]。印度重视红麻高档麻纺织品的开发, 对纤维进行改性处理, 使其具有更好的可纺性, 用于生产较高档的纺织品^[36]。红麻纤维与棉花等其它纤维混纺成高档纺织品是其多用途利用的途径之一。红麻纤维同苧麻、亚麻类纤维一样有着优良的吸湿和透气性能。麻类纤维不仅普遍含有抗菌性的麻甾醇等有益物质, 不同的麻纤维还含有各种不同的有助卫生保健的化学成份^[37]。利用与苧麻、亚麻纤维性能相近的红麻纤维作纺织原料, 可以大大降低生产成本, 并能表现出混纺的优良特性, 发挥优势互补。郑来久等^[38]对黄红麻进行了化学处理, 结果发现经碱处理后的变性黄红麻能够改善伸长、柔软度和卷曲, 有利于提高黄红麻纤维的可纺性和成纱质量。

1.3 红麻工业板材的开发

随着森林资源的日益减少与木材建筑材料的需求增大,人们正在寻求一种新的可再生资源来代替或部分代替木材。Terry Sellers等, A.Grigoriou等^[39-42]采用红麻碎屑、工业木屑经混合层压等工艺试制了工业板材,并与木材板材进行了性能、成本比较,发现红麻胶合板强度是普通木胶合板的2.5—3 倍,具有耐折断性能和透气性好、耐湿变形性好、质轻、隔音保暖及抗结露性好等特点,且表面美观、色泽自然,是高度环保的建筑材料。在日本,红麻纤维板被广泛应用于建筑业中墙壁材、地板材、层压材、室内装修用贴面板、地板等;还用于汽车车顶、内装饰等,减轻车身的重量,减少噪音,而且成本低、制造与回收方便^[43]。

1.4 红麻饲料的开发

红麻叶和幼株中蛋白质含量较高,牲畜喜欢采食,可加工或直接作为牲畜饲料。红麻叶中含粗蛋白 15.7 %,粗脂肪 8.1 %,粗纤维 15.1 %,无氮浸出物 38.5%,灰分 9.1 %,柠檬酸 9 %-11 %,是家畜的好饲料。红麻粗蛋白含量在不同品种、采收时期和种植地点间差异很大。Phillips 等^[44]在大坂报道红麻全株粗蛋白质含量在种植 40 天时为 223 g/kg,种植 101 天时减少到 154 g/kg。Vinson 等^[45]在美国亚力桑那州也发现相似情况,红麻种植 30 天,干物质粗蛋白含量为 246 g/kg,种植 105 天只有 47 g/kg。Webber^[46]研究发现随着成熟度的增加,红麻叶杆比减少。因此美国、日本、马来西亚等国主要把红麻幼株作为青贮饲料的原材料。

1.5 麻地膜的研发

地膜覆盖栽培技术是一项优良的农业增产技术。然而,地膜覆盖在给农业增产带来巨大经济效益的同时,也给土壤环境带来了严重污染。因此,可降解地膜的研究越来越得到了政府重视。红麻全秆参照制浆造纸的工艺制造出的麻地膜与化学合成地膜相比具有吸湿、放湿、不凝露等特点,覆盖后能保持较高程度的空气交换,有利于作物进行光合作用;使用后可完全生物降解,不仅解决白色污染的问题,而且还可改良土壤,有利于农业的可持续发展^[47,48]。麻地膜物理强度性能,干强度基本能够满足要求,而湿强度很低^[49]。另外由于麻地膜成本高、透光性差、农民的认识水平等因素的制约,麻地膜目前还没有广泛应用。

2 红麻种质资源研究现状

学者们一致认为红麻起源于东非,已有 4000 多年的栽培历史^[50]。东非红麻野生类型和近缘植物资源十分丰富,据 Edmonds^[51,52]对植物标本的考察,发现至少有 38 个属的红麻近缘植物,很多都具有抗病、抗旱等特性。Hochreutiner(1900)将木槿属植物分为 *Furcaria*, *Alyogne*, *Abelniscgys*, *Ketmia*, *Calyphyllia* 和 *Azanza* 6 个组,红麻属于 *Furcaria* 组。1963 年中国农业科学院麻类研究所引进越南红麻抗炭疽病种质,筛选繁育出红麻良种青皮 3 号,解决了当时由于炭疽病的危害而使红麻种植范围缩小的问题,而且青皮 3 号纤维产量高,品质优良,

还具有抗逆，适应性广，耐旱、耐盐碱等特性。1985 年红麻成为我国栽培面积最大（达 100 万 hm^2 ），总产和单产最高的麻类作物，中国一跃成为最大的红麻生产国，种植面积和纤维总产量均居世界首位^[53]。近年来受到化学纤维广泛应用的影响，红麻栽培面积一直萎缩不前。缺少经济效益的推动，红麻新品种产量和质量也没有显著提高，推广非常困难。

2.1 我国红麻种质资源搜集情况

丰产、优质、多抗等优异种质的发掘和利用是作物育种取得突破性进展的关键，也是我国农业生产飞跃发展的必要基础^[77]。我国非常重视麻类种质资源工作，从“六五”到“十一五”都把麻类种质资源研究列入国家科技公关项目，保证了麻类资源的连续性和系统性^[78]。由于种植时间短，以前我国保存的红麻种质资源很少，1984 年统计仅有 68 份，且品种（类型）间亲缘关系较近，缺乏特异种质。因此当时的研究工作仅限于搜集、保存和简单的性状鉴定。1985 年中国农业科学院麻类研究所从美国引进来源于 31 个国家和地区的 325 份红麻材料，并首次搜集到野生资源，大大丰富了我国红麻种质库。1986 年国际黄麻组织（IJ0）先后派 5 个考察队到肯尼亚、坦桑尼亚搜集黄红麻资源，根据资源共享的原则，我国得到红麻及其 9 个近缘种遗传资源 155 份。从非洲搜集到的野生红麻资源在沼泽地和接近沙漠的贫瘠土壤中都能生长，表现出较强的抗逆性^[79]。其中紫花型红麻对根结线虫有高抗能力，是培育抗病品种的优异资源^[80]。经过多年的考察收集和国外引种，到 2005 年止，红麻种质资源入中期库总数 1676 份，其中入长期库保存 722 份，是红麻种质资源保存最多的国家^[54]。

2.2 我国红麻种质资源保存

种质资源安全保存是十分重要的基础性工作。我国红麻资源采用长期库低温保存和中期库低温干燥保存，结合田间种植更新，确保资源的安全和有效利用。正在研究其他保存方法，如试管苗保存、超干贮藏、超低温保存以及基因文库保存，但没有形成规模，离实际应用还比较远。

截至 2005 年，已经完成了 877 份红麻种质资源的全面鉴定和评价，其中，667 份已编入《中国主要麻类品种资源目录》（表 1），68 份编入《中国黄红麻品种志》；待鉴定和整理的 799 份，多为新近收集的品种、育种中间材料、创新材料、野生或半野生类型和近缘植物资源等类型。

表 1 中国红麻种质资源统计^[55]

Table.1 Statistics of kenaf accessions in China

国内资源份数		国外资源份数					
省（自治区）	份数	国家	份数	国家	份数	国家	份数
湖南	88	美国	74	南非	14	孟加拉	3
福建	40	巴基斯坦	56	古巴	10	泰国	3
广东	27	法国	42	尼日利亚	9	印度尼西亚	2
浙江	26	赞比亚	39	苏丹	8	越南	2
辽宁	14	澳大利亚	28	伊朗	6	菲律宾	1
台湾	10	危地马拉	26	津巴布韦	5	哥斯达黎加	1
广西	6	坦桑尼亚	22	苏联	5	韩国	1
云南	5	尼泊尔	21	埃及	4	马里	1
贵州	2	萨尔瓦多	18	波兰	4	乌干达	1
北京	1	印度	18	墨西哥	4	象牙海岸	1
山东	1	肯尼亚	15	加纳	3		
合计	220						447

2.3 我国红麻种质资源分类研究

2.3.1 形态学分类研究

根据红麻种质资源不同形态进行分类，在研究初期和现阶段都被广泛地采用。Howard 等提出以叶形、茎色、叶柄色、熟型和花瓣色性状将红麻进行分类。虽然评价指标（后面定义为描述符）和性状有一定的变动，但这一评价、鉴定方法一直沿用至今。邓丽卿等^[56]（1991）对来源不同国家和地区的 450 份红麻栽培及野生资源进行了分类研究，认为红麻的植物学形态特征十分丰富，叶、茎、花、果、种子等都表现出多种多样的形态。栗建光等^[57]（1992）对 67 份红麻种质资源的生育特性、经济性状和纤维品质进行研究，以纤维品质为主性状把其中代表性的 35 份红麻资源分为纤维生产力低和纤维生产力中高两大类型。邓丽卿等^[58]

（1994）对 *Furcaria* 组内 14 个种的形态，细胞遗传学及生物特性等进行了研究，指出木槿属 *Furcaria* 组植物为一年生或二年生草本植物。指出红麻群落内种的差异主要区别于苞片及萼片，其次为叶、茎、种子等，但并没说明确定该顺序的方法。潘其辉等^[60]（1997）对江西 55 份红麻种质资源按茎色、叶形、果形、生育期等进行了分类。

以往根据形态差异对红麻的分类研究为红麻育种提供了重要参考，也为后续工作者进行日益增多的资源鉴定和评价提供了实践经验，不幸的是他们都没有考虑到描述符的顺序问题，仅凭经验或主观规定。这样对某种特定红麻的评价虽然没有直接影响，但作为分类研究，要理清的是材料之间（两者或更多）的亲缘关

系，这就必须要考虑描述符的先后顺序，才能保证分类结果的客观一致。

2.3.2 红麻种质资源鉴定与评价

形态学分类方法所涉及性状与纤维产量、品质关系不大，不易反映种质资源的育种利用价值，需对其生育特性、产量和品质性状的遗传多样性做进一步研究。邓丽卿^[61]对红麻光温反应特性的研究，发现不同播期的红麻品种的现蕾期出现在9月中下旬，根据红麻品种的感光感温特性和最短营养生长期，将红麻品种分为12种光温反应类型。邓丽卿等^[59]（1994）对420份红麻种质资源进行研究，按生育期分为极晚熟、晚熟、中熟、早熟和特早熟5个类型；根据株高、茎粗、皮厚纤维品质等鉴定出一批高产优质抗病品种。黄培坤等对从美国引进的325份红麻及其近缘种进行了鉴定，认为国外引进的红麻种质资源具有类型丰富、高产、抗病、品质优良等特性，并筛选出具有高产、出浆得率高、抗病力较强、耐不良环境等综合性状优良的品种BG52-135；抗根结线虫病力强的品种J-1-113；抗炭疽病力强的品种85-224；高产品种台农1号、K292等。陈洪福等^[62]对国内外316份红麻材料进行了抗炭疽病鉴定，获得了8个高抗材料，并首次发现了抗病力极强的亚免疫材料85-224。粟建光等^[57]（1992）对67份红麻种质资源的生育特性、经济性状和纤维品质进行了研究，鉴定出一批对红麻遗传育种有利用价值的特异种质资源，如古巴6号、S-55、BG163、NA91等。认为基因型间纤维生产力的差异是株型结构的差异和生物产量的差异所致，目前我国保存的大多数红麻资源的纤维生产力，主要受生物产量的影响和制约，最好用株型性状表现较好、生物产量中高的材料作杂交亲本，较易选育出符合育种目标的高产品种。李德芳^[63]从当时我国红麻育种材料中鉴定了15份现蕾开花期对光长变化钝感的材料，解决我国长江、淮河流域红麻主产区春播不能留种，夏播早花的问题。中国农科院麻类研究所^[64,65]从22份红麻材料中选出了7个干茎产量、纸浆得率与对照相比均达到极显著差异，抗炭疽病力、皮骨比值也都优于对照，适于造纸的品种。上述材料的鉴定对高产、优质、抗病抗逆性强以及造纸、板材专用红麻新品种的选育具有重要意义。

2.3.3 细胞遗传学分类

2.3.3.1 基础理论与技术研究

1901年，摩尔根等通过对果蝇的深入细致研究，提出了连锁遗传规律，并创立了基因学说，把抽象的基因概念落实在染色体上，从而为遗传标记的广泛应用奠定了基础。1903年，Sutton和Boveri把遗传因子同染色体结合起来，形成了细胞遗传学这一学科^[66]。真核生物的细胞中都有一定数目的染色体，染色体的数目在种内通常是相对恒定的，染色体数目及结构的变化常常引起表型的变化。据此，人们对生物核内全部染色体数目和形态特征进行分析，来分类各种生物、鉴

别真伪杂种、研究生物遗传进化等。分带技术也取得了较大进展,1968 年 Caspersen 首先建立了染色体 Q 带技术,为核型研究提供了有力工具。染色体经喹吖因(quinacrine)染色后,在紫外线照射下呈现出荧光亮带和暗带,一般富含 AT 碱基的 DNA 区段表现为亮带,富含 GC 碱基的 DNA 区段表现为暗带。另外,将有丝分裂中期染色体制片经胰酶或碱、热、尿素、去污剂等处理后,利用吉姆萨(Giemsa)染色也可以得到和 Q 带相符的带纹,称之为 G 带。根据这些带纹的差异可判断生物的差异。1975 年美国细胞遗传学家 Yunis 等建立了染色体高分辨显带技术,用氨甲喋呤使培养的细胞同步化后,再用秋水仙胺短暂处理,获得大量晚前期与早中期分裂相,这些时期的染色体比典型中期染色体长,显带后可得到更多的带纹。

2.3.3.2 红麻染色体研究

国内外学者对红麻染色体进行了研究,对染色体基数说法不一。Shovsted (1941)认为红麻染色体基数是 6,为六倍体。Darlington, Wylie (1956)则认为基数是 9,为四倍体。到现在为止多数学者才一致认为基数是 18,为二倍体。邓丽卿等^[58] (1994)采用花粉和根尖火焰干燥压片(F-BSG)技术观察木槿属 *Furcaria* 组 14 个种的染色体及其构型,结果发现红麻染色体构型一般为 18 个二价体,全部配对。但也发现极少数为 17 个二价体加 2 个一价体,没观察到三价体以上的染色体。发现了 2 种核型,即 $2n=36=32M+4SM$ 和 $2n=36=30M+6SM$ 。李爱青研究了不同来源红麻品种的异染色质,发现红麻染色体有两种类型的异染色质,且品种间异染色质含量变幅较大。栗建光^[57]等对 9 份红麻材料的核型分析认为,染色体的随体按大小可分为普通型、较大型和特大型三类。后来研究表明品种间染色体随体不单大小有差异,而且数目也会不同。唐晓敏对 14 个红麻品种的染色体核型进行了研究,结果表明 14 个品种的核型基本为对称型,但染色体的随体大小、数目等方面存在一些差异。不同类型随体的存在对红麻基因定位、生物技术应用、种质纯度鉴定等都有一定的意义。

2.3.4 红麻亲缘关系分子标记研究

作物有许多重要农艺性状是数量性状,或是微效多基因控制的质量性状,这些性状用表型难以准确鉴定。红麻是常异花授粉作物,花大色艳,容易通过虫媒传粉,自然异交率高达 20 %以上,部分农艺性状变异快。仅凭种子外观、叶形、茎色、熟期这些农艺性状来鉴定红麻品种及其来源是不可靠的。因此,有必要研究一种科学、简便而有效的方法来鉴定红麻种质亲缘关系。试验表明,分子标记技术能很好地区分、鉴定品种及明确品种资源间的遗传关系^[32]。程舟等^[33]对日本 14 份和美国引进的 19 份红麻种质资源进行了 RAPD 标记分析,构建了树状图,将日本的 14 份材料聚成源于印度、中国和越南三类;认为从美国引进的

19 份材料部分起源于 *El Salvador* 种系。程舟等^[34]建立了红麻的 AFLP-银染实验体系, 获得了清晰的红麻种质资源 AFLP 指纹图谱, 对红麻种质资源鉴定和亲缘关系检测十分有效。程舟等^[35]对 23 份红麻和 2 份玫瑰茄资源进行了遗传多样性和分子鉴定技术研究, 结果支持红麻起源于非洲的假设, 并证实了栽培红麻首先被引到亚洲, 然后传播到北美洲。安徽农业大学的唐晓敏^[73]等也用 RAPD 分子标记对 14 份红麻材料进行了聚类分析, 按亲缘关系进行了分类研究。郭安平等^[36]利用 RAPD 技术分析红麻 25 份材料, 将 25 份材料分为 7 个组, 揭示了它们之间的亲缘关系。祁建民等用 ISSR 和 RAPD 技术研究了黄红麻种质资源的遗传多样性及其亲缘关系, 能较好地揭示种间和种内基因型的遗传差异和亲缘关系。RAPD 在红麻种质资源研究中相对比较成熟, AFLP 技术对红麻种质资源进行研究才刚刚起步, 未见 SSR 在红麻种质资源鉴定或分类上应用的报导。

红麻种质资源的分类研究已取得了一些成绩, 主要问题有: (1) 虽然很早以前 Howard 就提出了分类指标, 但后来各国人们由于不同的目的而根据不同的指标进行了分类, 分类就显得混乱。另外由于红麻的变异较快, 久而久之, 以前的分类结果也值得怀疑。(2) 红麻在我国种植历史太短, 前期工作集中在资源搜集方面, 对红麻种质的分类研究少, 研究材料比拥有的红麻种质资源少得多, 资源不能充分利用, 对核心种质的筛选也会存在偏差。(3) 虽然分子标记技术在资源鉴别方面起到了十分重要的作用, 但是用它来对红麻材料的研究较少, 尤其是在鉴定品种来源方面的研究只局限于推测, 结论是否可靠还有待验证。所以红麻种质资源的研究还需要大量工作, 若能以形态、染色体核型分析以及分子标记结合起来, 相互比较, 得出的结论肯定是最客观的。

2.4 国外红麻种质资源研究

据史料记载, 大约在公元前 2500 年, 苏美尔人就派植物收集员到小亚细亚中心寻找葡萄、玫瑰等植物资源^[67]。红麻种质资源的研究相对较晚, 大约到 20 世纪中期人们才翻开这一页。美国的红麻种质资源研究始于 20 世纪 40 年代, 1943 年由于二战期间包装纤维原料严重短缺, 美国农业部与联合纤维共同体(CFC)合作, 在古巴首次开展了一个红麻研究项目, 成功地选育了几个优良红麻品种 Cuba108, Cuba2032 等。美国于上个世纪六十年代通过种间杂交, 引进木槿属近缘种抗根结线虫基因。玫瑰麻(*H. Sabdariffa* var *altissima*) 被确认为最理想的提供外源抗原的近缘种。美国科学家 Colyer, Cook, Riggs, Mullin 等发表了一系列有关病原病害或根结线虫严重影响红麻产量水平的报道, 因此, 对红麻种质抗逆生境的鉴定与评价工作尤为必要。1997 年成立的美国红麻协会 (AKS, American Kenaf Society) 每年都举行红麻研究报告会议, 邀请专家到场发表各自的研究结果。涉及到资源利用、育种成果、工业应用、红麻产品的制造与销售

等方面，为活跃红麻产业起到了积极的促进作用。近期国外对红麻的工业利用研究较多，红麻种质资源、育种等研究十分贫乏。国外尚未见用分子标记技术研究红麻种质资源的相关报道。

材料与amp;方法

1 形态学分类

1.1 材料

共 30 份，其中栽培种 15 份，野生种 10 份，近缘种 5 份。所有材料由中国农业科学院麻类研究所提供，名称及来源见表 2。

表 2 试验材料名称及来源

Table.2 Names and origins of the materials

序号	品种	原产地	品种类型	序号	品种	原产地	品种类型
1	7804	湖南	栽培种	16	MX247	墨西哥	野生种
2	722	湖南	栽培种	17	IDN147	印度尼西亚	野生种
3	元江红麻	云南	栽培种	18	ZM412	津巴布韦	野生种
4	勐海紫茎	云南	栽培种	19	SL254	萨尔瓦多	野生种
5	早熟红麻	辽宁	栽培种	20	UG93	乌干达	野生种
6	闽红 362	漳洲	栽培种	21	NA414	尼日利亚	野生种
7	泰红 763	泰国	栽培种	22	GA42	加纳	野生种
8	塔什干	原苏联	栽培种	23	ZB225	赞比亚	野生种
9	古巴 8 号	古巴	栽培种	24	ZB324	赞比亚	野生种
10	青皮 3 号	越南	栽培种	25	ZF133	南非	野生种
11	阿联红麻	埃及	栽培种	26	福 1	福建	近缘种
12	红引 135	美国	栽培种	27	泰麻 2 号	泰国	近缘种
13	PA364	巴基斯坦	栽培种	28	H118	坦桑尼亚	近缘种
14	ZF78	南非	栽培种	29	H003	肯尼亚	近缘种
15	AS227	澳大利亚	栽培种	30	85-283	赞比亚	近缘种

1.2 方法

供试材料于 2005 年 4 月 29 日，在中国农科院麻类研究所沅江试验基地播种。原种经消毒后撒播于瓦盆中。每份材料播种 1 盆，每盆约 20 粒种子。盆直径约 30 cm，高约 50 cm，盛肥沃疏松土壤。近缘种和野生种种子皮太厚，先用 55℃的温水烫种 5 min，然后用刀片划开种皮以利发芽。红麻生长期肥水管理同一般盆栽试验。红麻成苗后剔除杂株和笨苗，每盆定苗至 6-7 株。当麻苗长出 6-7 片真叶时，移入暗室做 8 h 短光处理，处理天数视红麻开花坐果情况而定，一般座果达到 5 个以上移出暗室。

根据《红麻种质资源描述规范与数据标准》^[68]，每周记载叶形、叶缘、叶柄色、茎表面、茎色；观察萼片色，萼片表面，苞片端部，花瓣类型及颜色，花喉、柱头和花药颜色；考察种子形状及大小，株形等性状。对无法用文字形象描述的性状（如叶裂程度、花色深浅等）进行拍照。

根据上述形态学的观察数据，找出不同种和品种间的差异，采用传统分类法

根据其主要相同点和差异进行分类。

1.3 性状描述规范与标准

参照《红麻种质资源描述规范和数据标准》(本文只列出了部分描述符)，对所选描述符进行详细一致的文字或图像描述。原始记录都由同一人承担，减少试验误差。几种描述符标准如下：

1.3.1 叶形

红麻植株现蕾期，以试验瓦盆内全部麻株为观测对象，目测植株中部叶片形状。参照模式图，确定每份材料的叶形为全叶、浅裂叶、深裂叶三种类型（图 1）。



图 1 红麻的叶形

Figure.1 Leaf shapes of kenaf

1.3.2 叶缘

红麻植株现蕾期，观察叶片的叶缘形状并拍照。把叶缘分为锯齿、牙齿、钝齿和波状四种类型（图 2）。



图 2 红麻的叶缘

Figure.2 Basal serration shapes of kenaf

1.3.3 叶姿

叶角为红麻叶片主脉与主茎的夹角。测量红麻植株现蕾期叶角大小，根据叶着生姿势确定叶姿形态，分直立、水平、下垂三种（图 3）。

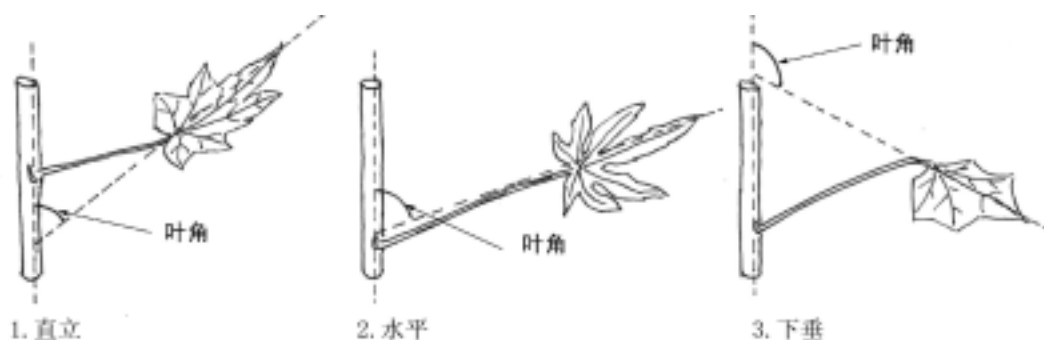


图 3 红麻的叶姿

Figure.3 Leaf blade attitudes of kenaf

1.3.4 苞片端部

红麻植株开花盛期，细心观察红麻苞片端部的形状。根据观察结果，参考模式图，确定每份材料的苞片端部为渐尖、钝形、分叉三种（图 4）。



图 4 红麻苞片端部形状

Figure.4 Bract top shapes of kenaf

1.3.5 花冠形状

红麻植株开花盛期，目测花冠外部形状。根据观察结果，参考模式图，确定每份材料的花冠形状，分为钟状和螺旋状两种（图 5）。



图 5 红麻花冠形状

Figure.5 Corolla shapes of kenaf

1.3.6 果形

观察红麻正常成熟时 10 个以上蒴果的外部形状，参照模式图确定果形，分为

桃形、近圆形、扁球形三种（图 6）。



图 6 红麻的果形

Figure.6 Friut shapes of kenaf

1.3.7 种子形状

目测种子形状，参照模式图，确定种子形状的类型，分为肾形、亚肾形、三角形三种（图 7）。



图 7 红麻种子形状

Figure.7 Seed shapes of kenaf

1.3.8 分枝特性

目测红麻全株，参照模式图和标准确定红麻的分枝特性，分为无、弱、中、强分枝四种类型（图 8）。



图 8 红麻的分枝特性

Figure.8 Branch habits of kenaf

1.4 描述符的选择

描述符是指用于方便红麻种质资源数据分类、存贮、检索和使用的可标识和可测量的特性。一个描述符一般能表示一个明确定义的状态。盆栽试验过程中，记载了 20 个描述符的性状特征，但本论文只选择了其中 8 个主要描述符来对红

麻分类。因为描述符太多，虽然能确切地描述红麻的特征，但也会因此使后续分析带来困难与混乱，导致分类结果混杂不清；描述符太少，又不能满足分类的要求。筛选时主要考虑：(1)性状是否是质量性状；(2)该性状在材料间是否具有多态性；(3)该性状的考察结果是否准确可靠等。如红麻株高、分枝高、花大小等为数量性状，不列入分类描述符；本试验种植的 30 份材料的花冠都是钟状，材料间不具备多态性，不列入分类描述符；花颜色、种子颜色由于差异不明显，在不同的光照或其他因素的影响下，人为判断困难，也不列入分类描述符。

1.5 主要描述符的排序

根据以往的研究结果和经验，从主要描述符中选择苞片端部、叶形、茎色和分枝特性分别作为分类的第一描述符，并规定该四者都排在前面，其他描述符随机排列，进行分类比较研究。把分枝特性列入主要分类描述符的依据是：(1)红麻分枝会严重影响其纤维品质和株高，为鉴定出无分枝材料而选择了该描述符；(2)作者认为红麻有无分枝应该是质量性状，分枝强弱是数量性状。

1.6 形态分类树状图的描绘

根据观察记录，总结成分类表格，然后再描绘成树状图，直观地反映材料间的关系，利于各种分类结果的比较研究。

2 细胞学分析

2.1 材料

共 15 个，从表 2 中野生种和栽培种中分别抽取 7、8 个具代表性或者形态特征差异不明显的品种（类型）作为供试材料，名称见表 5。

2.2 设备、仪器和试剂

2.2.1 设备和仪器

Olympus 显微镜、显微摄影系统(Olympus BX51)、人工气候箱、-4℃冰箱、打印机、清洁载片、游标卡尺、镊子、吸管、酒精灯等。

2.2.2 试剂

0.002 mol/L 8-羟基奎啉、0.075 mol/L KCl 低渗液、2.5 %混合酶液(纤维素酶与果胶酶各占 2.5 %)、甲醇:冰醋酸(3:1)固定液、20:1 的 Giemsa 染液(用 pH 6.8, 1/15 mol/L 磷酸缓冲溶液稀释)。

2.3 方法

2.3.1 制片

采用改良朱凤绥 F-BSG 法^[38]

a.取一定量种子在 25-30℃发芽，待根生长至 1-1.5 cm 时，更换新水使根尖处于分裂旺盛状态，2 h 后切取根尖分生区于 5 ml 离心管中，加入蒸馏水放置于 3-4 °C 冰箱处理 16h 以上；

b.倒去原蒸馏水，用新蒸馏水冲洗 2-3 次，吸干，加入 2.5 %混合酶液（纤维素酶和果胶酶）在 25 °C下处理 1.5-2.5 h，间歇轻摇，使根尖与酶液充分接触；

c.倒掉酶液，用 20-25 °C蒸馏水冲洗 3-4 次，吸干后滴加 0.075 M/L 的 KCl 低渗液低渗 30-40 min；

d.倒去 KCl 低渗液，用镊子轻轻夹取（或用套上吸头的滴管吸取）根尖于载玻片上，用镊柄敲碎根尖，边敲边滴加新配制的甲醇:冰醋酸(3: 1)固定液，直到肉眼几乎看不到大块组织为止；

e.夹起载玻片，滴上几滴甲醇:冰醋酸，轻摇，使细胞液分散；

f.用酒精灯将甲醇:冰醋酸溶液点燃，移开酒精灯让自然熄灭，此时载玻片几乎已干，若还有大滴液珠则放置一段时间让其自然干燥；

g.干燥的片子用 20: 1 的 Giemsa 染液染色约 40 min，龙头水冲洗，蒸馏水重洗，空气干燥后尽快观察。

2.3.2 镜检及拍照

初步镜检，每份材料观察 40 个细胞，选出细胞分散、染色体平展互不缠连、分裂相清晰的制片，并记录染色体清晰的细胞所处的坐标。根据坐标在带有显微摄像系统的 Olympus BX51 上进行拍照、照片输出，取 10 个左右细胞进行核型分析。

2.3.3 核型分析

(1)观察与计算

a.染色体数目:对 10 个细胞内染色体进行观察计数并记录。

b.染色体长度:

①测放大照片的染色体长度，测量值/2000 即得染色体实际长度。

②染色体相对长度=单条染色体长度/单套染色体组总长×100 %。

c.测臂比:臂比=长臂长度/短臂长度，根据臂比数值来确定着丝粒位置^[39]

①臂比值在 1.0-1.7 之间的为中部着丝粒(Metacentric)，用“M”表示。

②臂比值在 1.8-3.0 之间的为亚中部着丝粒(Submetacentric)，用“SM”表示。

③臂比值在 3.1-7.0 之间的为亚端部着丝粒(Subtelocentric)，用“ST”表示。

④臂比值在 7.1 以上的为端部着丝粒(Telocentric)，用“T”表示。

d.随体(Satellite):根据随体的有无，可区分和识别特定的染色体，随体以“SAT”表示。

e.臂指数或称 N.F.值:把具中部或近中部着丝粒的“V”型计算为两个臂，把

具近端和端着丝粒的“J”或“I”型计算为一个臂，统计总臂数。

f. 核型不对称系数 (ASK) = 染色体长臂平均/染色体总长平均 × 100%

g. 根据 Stebbins^[69,70] 对核型的分类，分类标准是对称性，把染色体组中最长染色体与最短染色体的比值分为 3 级，把臂比大于 2 的染色体在整个染色体组中的比例划分为 4 级(表 3)，确定核型类别。

表 3 染色体核型按对称性程度分级

Table.3 Chromosomal karyotype graded by symmetry

最长染色体/最短染色体	臂比大于 2 的染色体占染色体总数的比例			
	0.00	0.01-0.50	0.51-0.99	1.00
<2.0	1A*	2A	3A	4A
2.1-4.0	1B	2B	3B	4B
>4.0	1C	2C	3C	4C*

*:1A 为最对称核型，4C 为最不对称核型

*:1A the most symmetrical karyotype, 4C the least symmetrical karyotype

(2) 配对

根据目测和染色体的相对长度、臂比、次缢痕的有无和位置、随体的有无、形态和宽度进行同源染色体剪贴和配对。

(3) 排列

把染色体长度和形态结构相同的两条染色体配成对，按长度由长至短依次排列。等长染色体以短臂长的排在前，短臂在上方，长臂在下方，着丝粒位置排列在同一条直线上，具有随体的染色体分为一组，按上述方法排在最后。

(4) 分级

按染色体大小、对称程度分级。

(5) 绘制核型模式图

将一个染色体组的全部染色体按其特征及长短长度绘制下来，在按长短、形态等特征排列起来。

结果与分析

1 红麻形态学分类结果

供试材料均为一年生草本植物，叶、茎、花、果、种子等形态特征差异明显，具体见表 4。

1.1 红麻叶的形态特征

1.1.1 叶形

本试验研究的红麻种质资源材料中，叶形为全叶的有 4 份材料（均为栽培种），其余 26 份材料均为裂叶。全叶形状有近圆形、卵圆形；裂叶类型的叶片为掌状深裂叶，其小叶片的形状各异，有长卵形（青皮 3 号）、披针形（塔什干）、羽状分裂叶（85-283）等。

1.1.2 叶缘

叶缘有锯齿（AS227）、牙齿（古巴 8 号）、钝齿（H003）、波状（泰红 763）等类型。叶缘色分为绿色、淡红色及紫色。

1.1.3 叶柄

叶柄色分为绿（7804）、淡红（泰红 763）、淡紫（勐海紫茎）三种。叶柄着生刚刺、毛或光滑一般与茎对应，即茎有刺叶柄也有刺，茎有毛叶柄也有毛，茎光滑叶柄也光滑。叶柄基部分无托叶和有托叶两种，托叶形态又可分为叶状、线状。

1.1.4 叶姿

据测量红麻植株活体叶角的大小和叶着生状态，红麻栽培材料、野生材料中叶姿均为直立型或水平型，没有发现下垂类型；近缘材料中除 H003 是直立型外，其余均为水平型。

1.2 红麻茎的形态

茎直立，个别品种植株上部呈窄“S”状较明显弯曲（7804），茎色分绿（722）、淡红（元江红麻）、紫（勐海紫茎）等。红茎又分为斑点红和茎基部红两种。茎表带稀疏小刺或光滑；栽培种无毛，部分野生种和近缘种着生较密的茸毛。

1.3 红麻花的形态

1.3.1 花瓣

花瓣一般 5 片，呈长圆状倒卵形，叠生或分生（见附图 1）。花瓣色有乳白（勐海紫茎）、淡黄（塔什干）、金黄（85-283，花瓣 7 片）、紫（H118）等。

1.3.2 花药和柱头

红麻花药众多（这是异花和常异花授粉作物的重要特征），围绕柱头而生，成熟后黄色或紫色；花柱 5 裂，柱头红色、紫色、褐色，合生或分生。

1.4 红麻花萼和苞片形态

花萼钟状或杯状，多数具刺或茸毛。苞片 6-12 个，线形或披针形，基部合生，端部形态分为渐尖（青皮 3 号）、钝形（福 1）与分叉（85-283）三种。85-283 苞片肥厚，呈肉质，端部内侧有凹槽。

1.5 红麻蒴果形态

成熟时褐色或黄褐色，密生茸毛，形状有桃形（大多品种）、近圆形、扁球形等。有些果实成熟后自动开裂，有的不开裂。

1.6 红麻种子形态

种子形状分三角（青皮 3 号、闽红 362、IDN147），肾形（泰麻 2 号），亚肾形（PA364），见表 4。种子颜色有黑色、棕色或褐色（附图 4），种子大小连续变异。

1.7 形态分类图表

综合观察记载的形态特征，归结为分类表，对形态相似的材料进行聚类。为了便于比较，根据分类表描绘聚类图。本试验采用四种排序方式进行分类比较，排序方法见“材料与方法”部分 1.5 主要描述符的排序。

表 4 按苞片端部、叶形、茎色、分枝特性为顺序，其他描述符随机进行分类。为避免相似重复，其他顺序的分类图表省略，只在论文之外作了比较。

表 4 30 份红麻种质资源形态分类

Table.4 Morphological classification on 30 accessions of *Hibiscus cannabinus* L.

苞片 端部	叶形	茎色	分枝 特性	叶柄色	种子 形状	茎表面	花瓣色	材料序号 及名称
								10, 青皮 3 号
				绿	三角	有刺	淡黄	6, 闽红 362
					肾形	有毛	淡黄	17, IDN247
		绿	无	淡红	亚肾形	有刺	淡黄	27, 泰麻 2 号
							乳白	13, PA364
								21, NA414
								15, AS227
					三角	有刺	淡黄	25, ZF133
				绿	肾形	有刺	淡黄	5, 早熟红麻
								3, 元江红麻
								22, GA42
								19, SL254
								24, ZB324
					三角	有刺	淡黄	20, UG93
								23, ZB225
					肾形	有刺	淡黄	7, 泰红 763
			无	淡红	亚肾形	光滑	淡黄	18, ZM412
				绿	三角	有刺	淡黄	12, 红引 135
			弱	淡红	肾形	有刺	淡黄	8, 塔什干
					肾形	有毛	乳白	29, H003
		淡红	强	淡红	亚肾形	有刺	淡黄	16, MX247
	裂叶	紫	弱	紫	三角	有刺	乳白	4, 勐海紫茎
					肾形	有刺	淡黄	2, 722
		绿	无	绿	亚肾形	有刺	淡黄	1, 7804
		淡红	无	淡红	亚肾形	有刺	淡黄	9, 古巴 8 号
渐尖	全叶	紫	弱	紫	亚肾形	光滑	淡黄	11, 阿联红麻
			无	淡红	亚肾形	有刺	淡黄	14, ZF78
		淡红	弱	红	肾形	光滑	红紫	28, H118
钝形	裂叶	紫	中	紫	肾形	光滑	淡红	26, 福 1
分叉	裂叶	绿	强	绿	肾形	有刺	金黄	30, 85-283

注.表中相同单元格已合并，底部对齐

Note. The same units are combined and snap to grid at the bottom

根据对红麻形态的总体描述，手绘树状图。由于形态学描述主要是一些质量性状，缺乏数据定量，不能计算相似系数，所以描绘的树状图横坐标不能体现相似系数的大小，只能用等距的短线来区分各个类群以及它们之间的亲缘关系。

按苞片端部、叶形、茎色、分枝特性为顺序，其他描述符随机进行分类，具体见图 10。

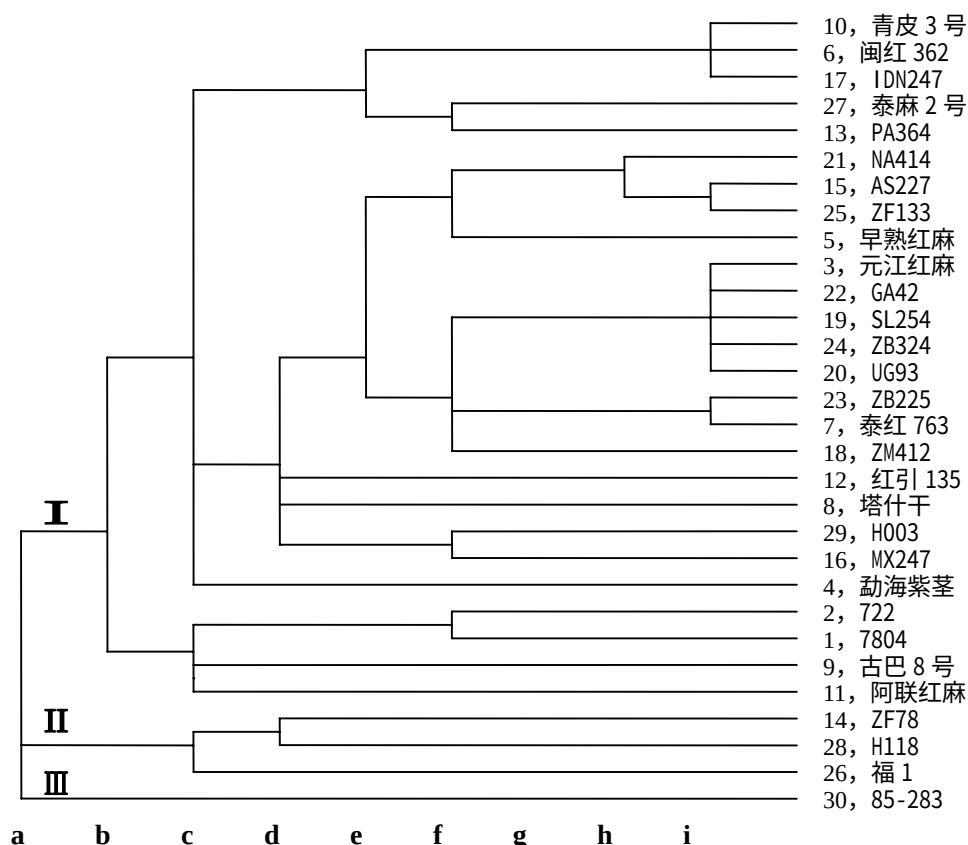


图 10 红麻形态学分类聚类图形

Figure.10 The dendrogram of *Hibiscus cannabinus* L. based on the morphological character

注. a:苞片端部 b: 叶形 c: 茎色 d: 分枝特性 e: 叶柄色 f: 种子形状 g: 茎表面 h: 花瓣
i: 材料序号及名称

Note. a: shape of bract top b: leaf shape c: stem color d: branch habit e: leaf petiole color f: seed shape g: stem pubescence h: corolla color i: number and name of kenaf

1.8 形态分类结果的分析

1.8.1 树状图的合理性

为了便于比较,根据描述符的排列顺序不同而描绘了四个树状图,比较选择后选出图 10。需要明确的是,四个树状图都有一定的合理性,而且应用者会因目的不同而选用某一特定树状图。本试验是以种质资源分类为目的,需要选出一个比较通用的树状图,期望该图能在以后的分类中也适用。根据以往的经验,苞片端部是区分木槿属内红麻和其他物种的一个重要特征。而且在众多描述符中,苞片端部在分类等级中所处的位置对分类结果影响最小,只有作为第一级描述符时分类结果才发生较大变化,说明该描述符的分类结果很稳定、可靠。因而把它作为第一个描述符,其他各个描述符的位置也由以往经验和对分类结果的影响程度来确定。经过比较发现叶形所处的位置对分类结果影响也较小,依次为茎色和分枝特性。可惜的是,本试验由于时间和篇幅所限,只对四个描述符进行了比较,没有对所有描述符的排列顺序进行比较,而是对它们进行随机排列,可能在不进

行比较的描述符当中还有比较稳定的分类描述符。至于把花瓣色放在最后是因为根据对其他作物变异程度的研究发现,花在不同环境条件下的变异比其他营养体变异小,采用花的特征类分类用得比较多^[71],本设计主要是用它来把好最后一关,暂定为“把关描述符”。综上所述,本试验采用图 10 作为分析依据。

1.8.2 树状图的结论

从图 10 可以看出,根据苞片端部可以将红麻种质资源聚类为苞片渐尖、钝形和分叉三大类群。

第 I 类群结构比较复杂,根据叶形可分为裂叶和全叶两个亚群。

裂叶亚群中勐海紫茎茎色、叶柄色全呈现出深紫色,花色也与一般的淡黄色不同,为乳白色,且表现为弱分枝,在树状图中与其他各品种(类型)亲缘关系较远,作者认为不应该归为栽培种,把它划分为半野生类型也许比较合适。其他品种(类型)可分为绿茎和红茎两组,绿茎组内青皮 3 号、闽红 362 和 IDN147 亲缘关系很近,属于所列描述符中最低分类级别,与前人研究一致^[75]。而泰麻 2 号和 PA364,只有种子形状和茎表面存在差异,前者为肾形、有毛,后者为亚肾形、有刺。二者都来自亚洲南部,表现与地理起源相一致。红茎组内塔什干和红引 135 与其他种亲缘关系较远。元江红麻、GA42、SL254、ZB324 以及 UG93 亲缘关系最近,在最低分类等级仍然没有差异。泰麻 2 号与红引 135 亲缘关系与陶爱芬^[72]采用 ISSR 分子标记研究的结果相类似,相似系数为 78.5 %。

全叶亚群中有 7804、722、古巴 8 号和阿联红麻四个栽培品种,7804 的叶形与唐晓敏^[73]的研究不一致。前二者地理起源和亲缘关系上相距较近,后二者相距较远。

第 II 类群均具有钝形苞片,叶形一致。只有 ZF78、福 1) 和 H118 三个品种(类型)。后者为紫茎,前二者为绿茎,但下一级分类(即在分枝特性)处便有差异,ZF78 无分枝,H118 表现为弱分枝,说明相互间亲缘关系比较远。该类群来源于非洲,只有福 1 来源于福建,而中国红麻最初是台湾引进后才开始种植,是否可推测福 1 是从非洲引进台湾继而转入福建的。

第 III 类群为个类,只有 85-283,其苞片端部、分枝特性、花瓣类型及颜色与其他各品种都有很大差异。而且 85-283 有 7 片花瓣,一般红麻及其野生种都只有 5 片花瓣,说明 85-283 在 30 份材料中亲缘关系最远,可能不同在一个属内。

2 红麻细胞学分析结果

2.1 红麻染色体数目

经细胞学观察结果表明,所有供试红麻材料均为二倍体,染色体数目为 $2n=36$,与大家赞同的研究结果一致。

2.2 红麻染色体形态

供试 15 份红麻不同类型品种染色体的长臂、短臂、总长、相对长度、臂比、着丝粒位置见图 11—25。各材料核型不对称系数 (ASK) 在 53.48 % - 62.61 % 之间, 核型较为对称。臂比在 1.00 - 3.84 之间, 变异较大。染色体绝对长度变幅为 1.11 - 6.22 μm , 为中、小染色体, 相对长度变幅为 10.50 % - 3.05 %, 品种内染色体间长度差异显著。从表 5 中可见 15 份红麻材料存在 12 种核型公式, 根据最长染色体与最短染色体的长度比和臂比值确定核型对称程度, 将它们分为 4 种核型即 1A、2A、1B 和 2B。各材料的核型比较接近, 染色体大多是中部着丝粒或亚中部着丝粒, 发现 3 份材料具端部着丝粒, 其中 1 份材料具亚端部着丝粒。

2.3 红麻染色体的随体

研究结果发现, GA42、ZM412、ZF133、青皮 3 号和 722 的染色体无随体; 古巴 8 号、闽红 362、元江红麻、ZB324、ZB225、塔什干、泰红 763 的染色体有一对随体 (在唐晓敏^[73]的研究中泰红 763 无随体); PA364、UG93、IDN147 的染色体有两对随体 (图 11-25)。随体大小又可分为普通型随体 (呈小圆球形, 如塔什干)、较大型随体 (直径近似染色体短臂直径, 长度比短臂略短, 如古巴 8 号) 和特大型随体 (直径等于或略大于染色体短臂直径, 长度比短臂长, 如泰红 763) 3 种类型 (表 5)。这样根据随体的有无、多少和大小形态的细胞学特征就可将红麻不同基因型材料加以区分。

2.4 红麻染色体核型

供试的 15 份红麻种质的核型及模式图见图 11-25。从核型照片中可以看出红麻染色体大小、形态有一定的差异。染色体形态有棒状、“L”形、“V”形和粒状。棒状染色体占大多数, 一般较“V”形和粒状染色体大。有的品种 (UG93) 长宽比很小, 原因是染色体宽度较大 (图 25), 粒状染色体长宽比甚至可接近或达到 1:1 (图 16, 图 18)。有些品种染色体的随体较明显, 随体离染色体短臂位置适中, 易于鉴别 (图 11, 图 20), 有的品种 (IDN147, 图 22) 有一条染色体的随体距离较远, 通过剪切配对后才确定出来。

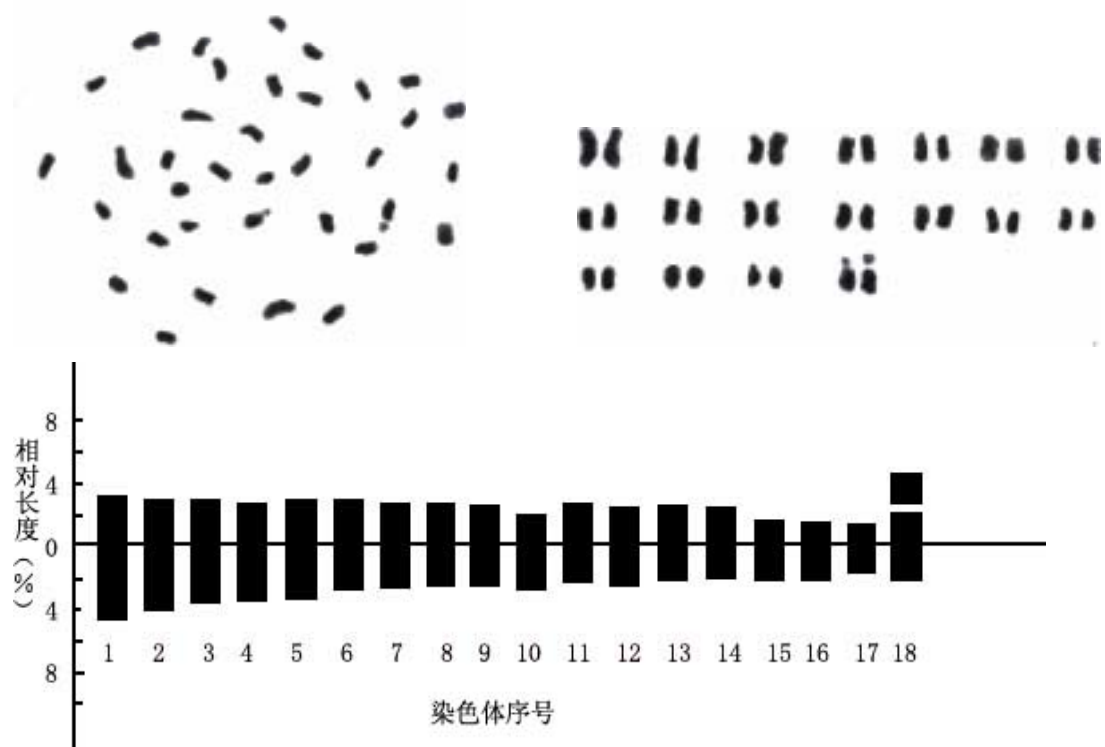


图 11 古巴 8 号染色体核型及核型模式图

Figure.11 Chromosomal karyotype and idiogram of Cuba-8 kenaf

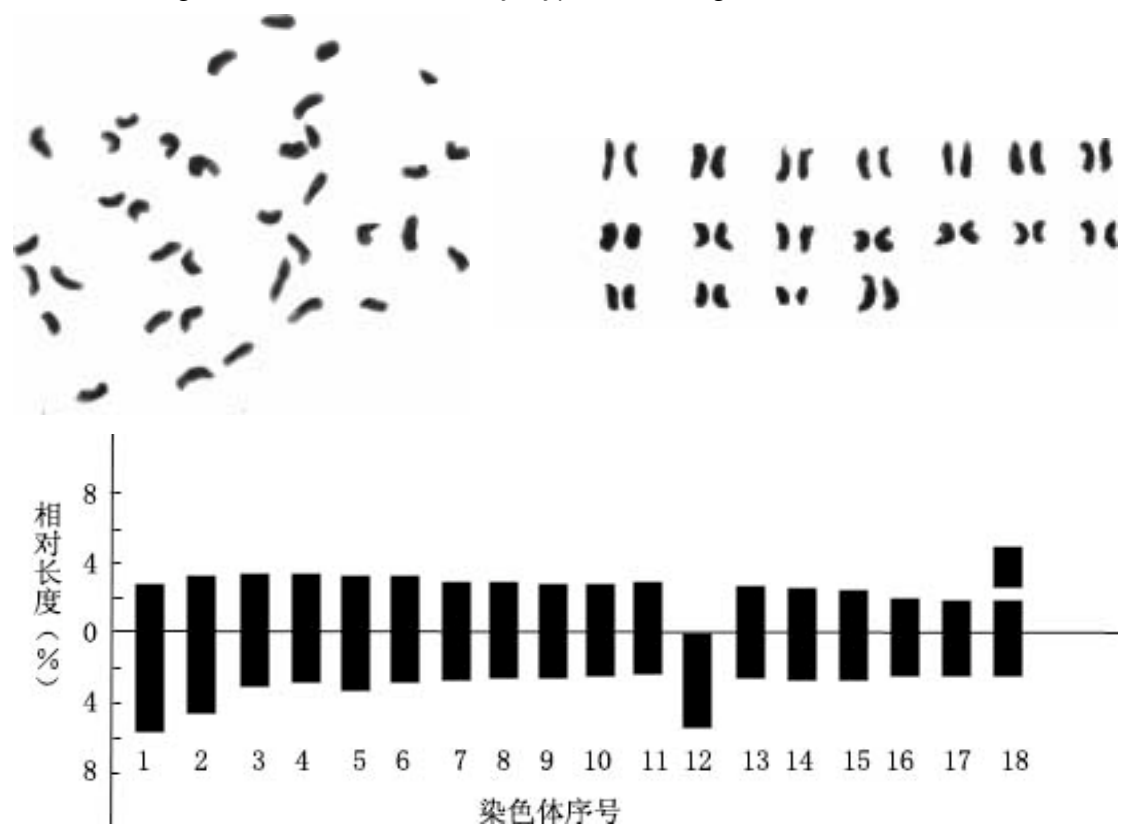


图 12 闽红 362 染色体核型及核型模式图

Figure.12 Chromosomal karyotype and idiogram of Minhong-298 kenaf

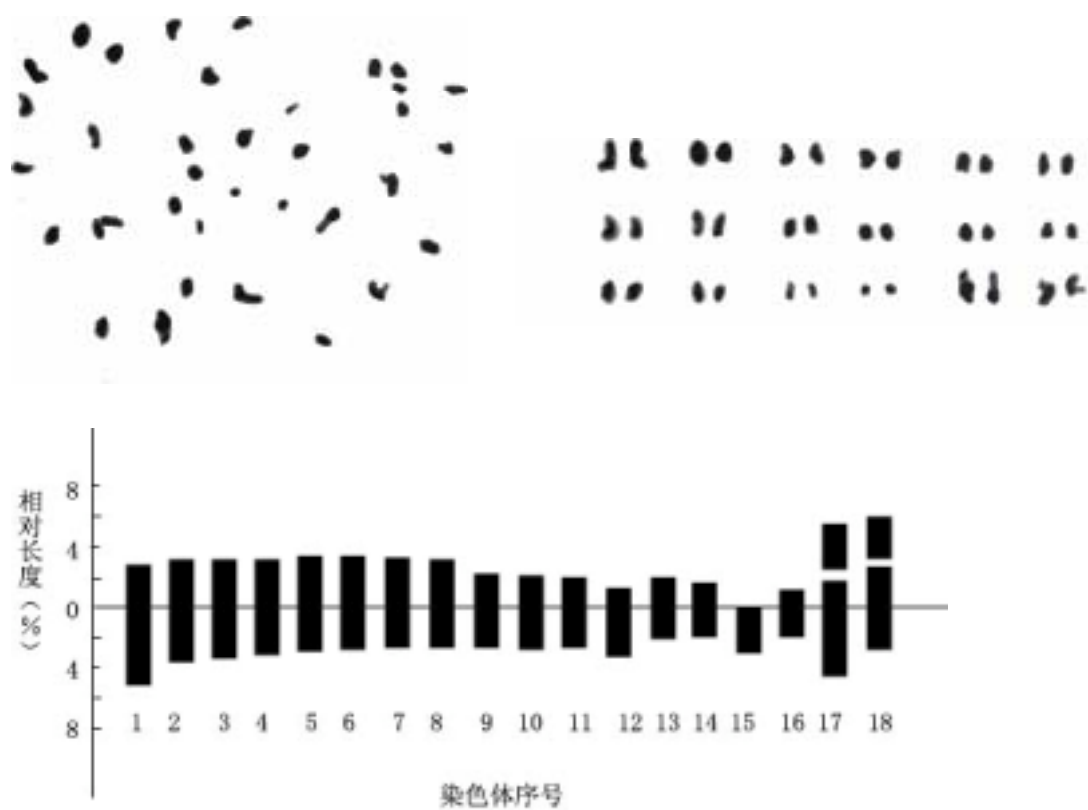


图 13 PA364 染色体核型及核型模式图

Figure.13 Chromosomal karyotype and idiogram of PA364 kenaf

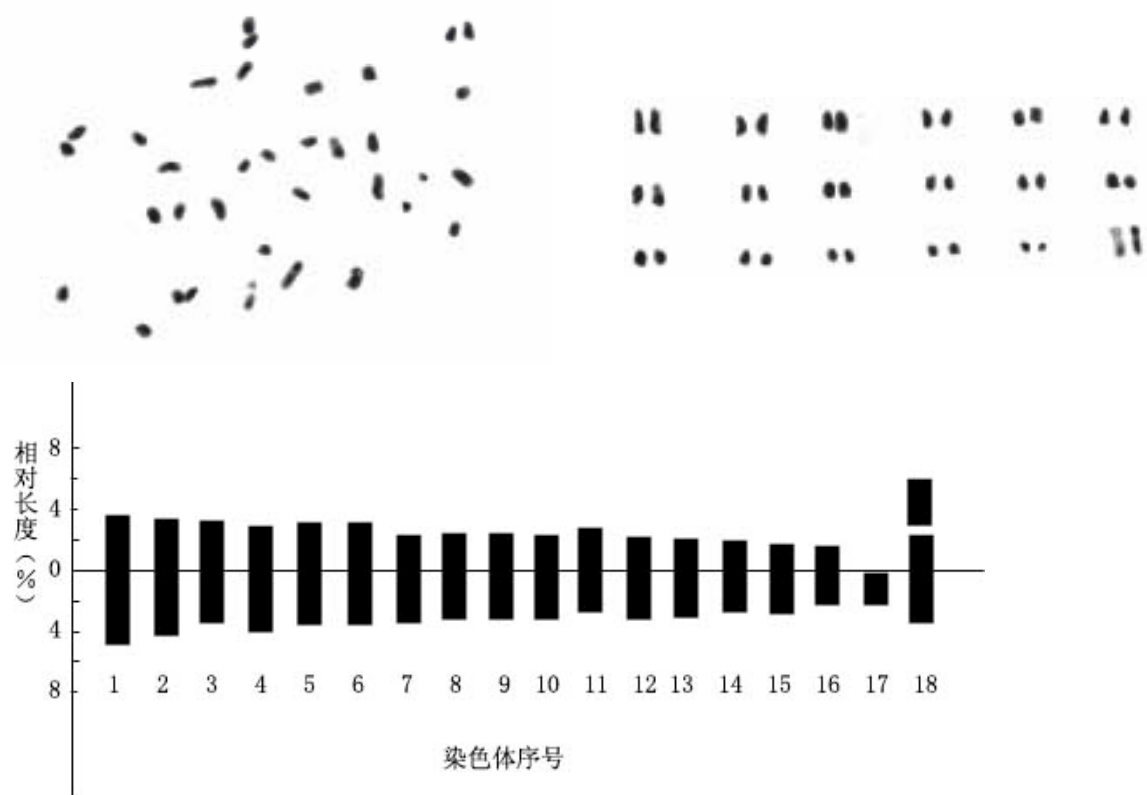


图 14 元江红麻染色体核型及核型模式图

Figure.14 Chromosomal karyotype and idiogram of Yuanjiang kenaf

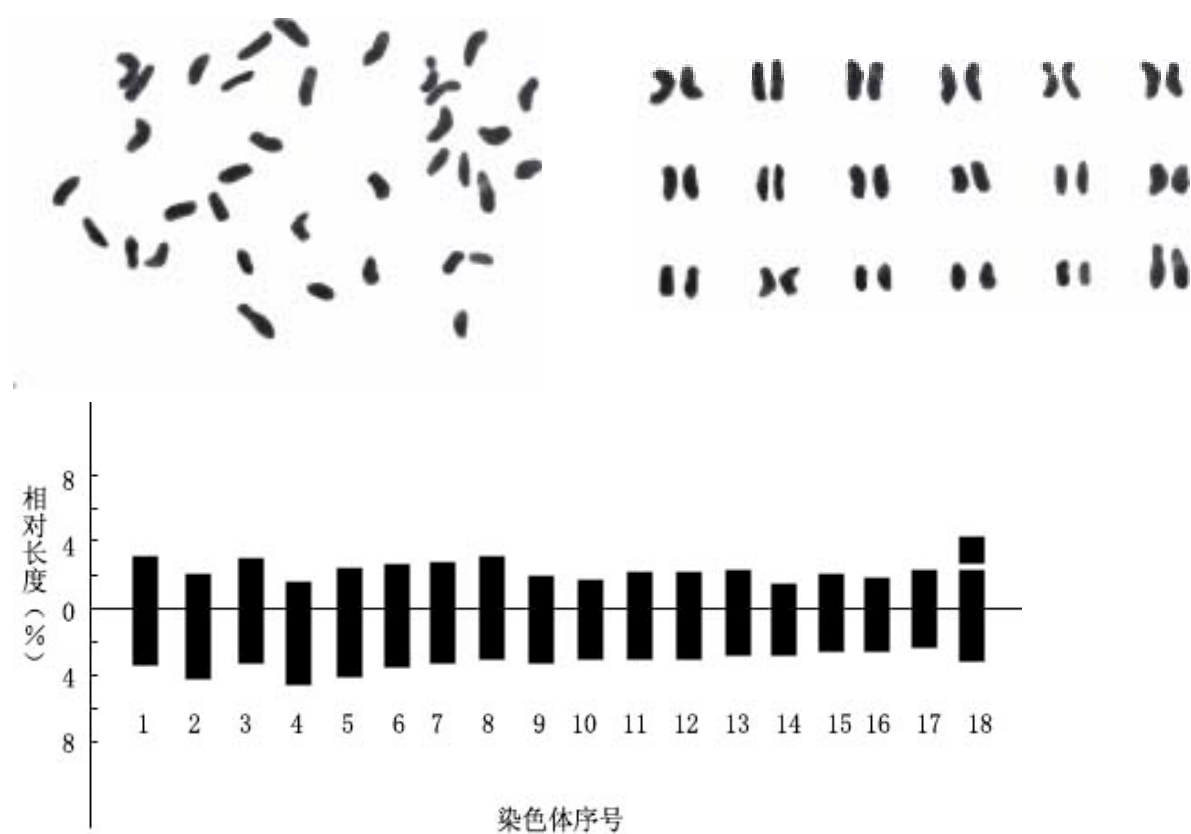


图 15 塔什干染色体核型及核型模式图

Figure.15 Chromosomal karyotype and idiogram of Tashigan kenaf

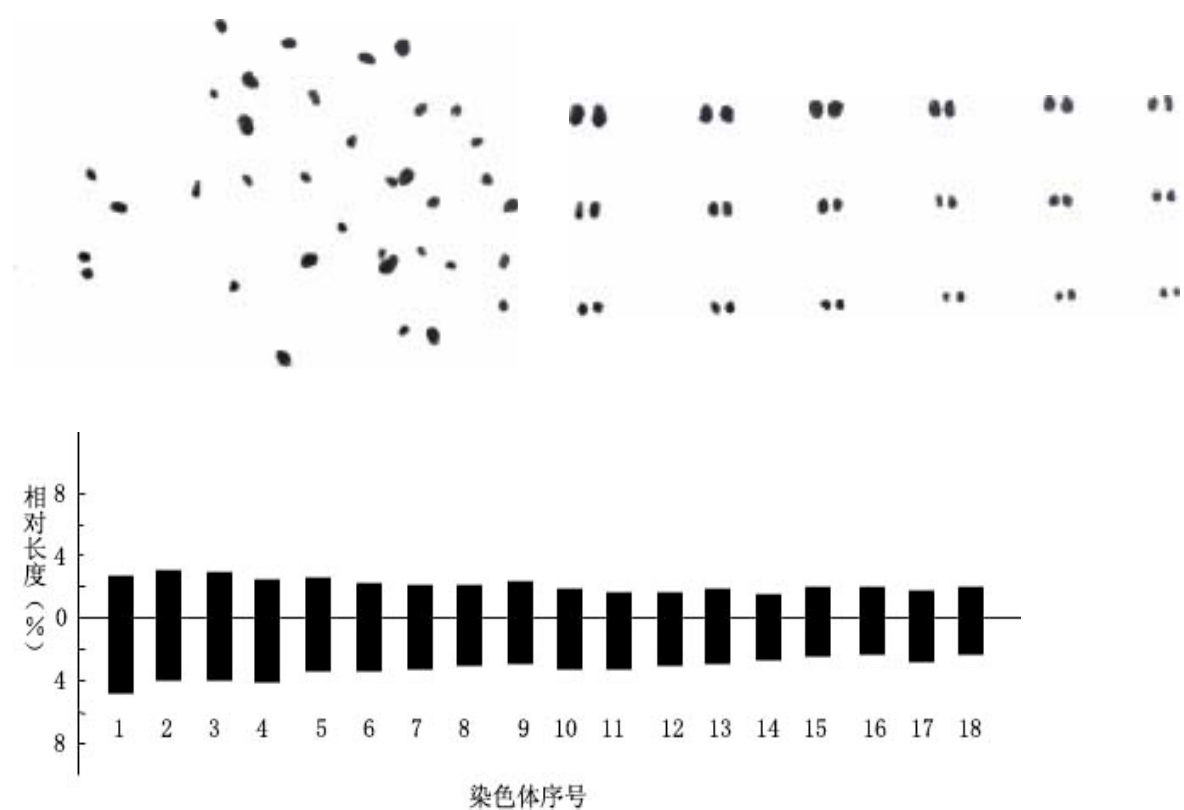


图 16 722 染色体核型及核型模式图

Figure.16 Chromosomal karyotype and idiogram of 722 kenaf

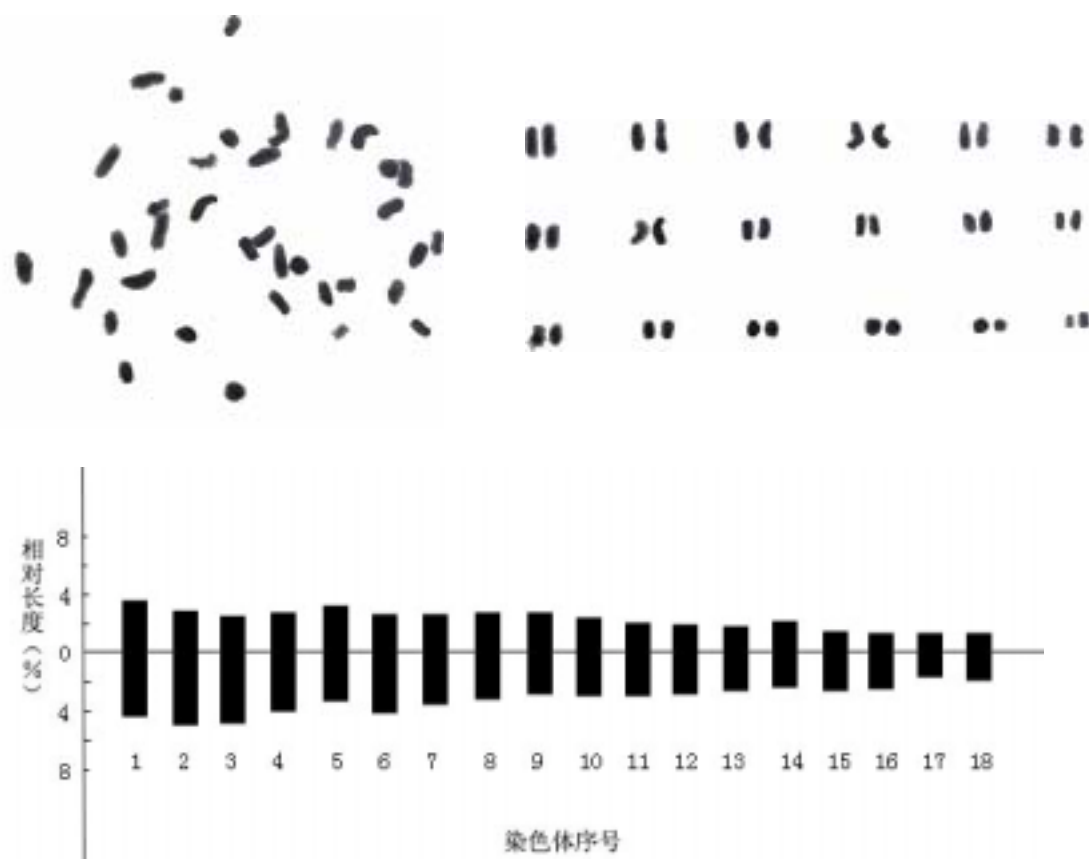


图 17 青皮 3 号染色体核型及核型模式图

Figure.17 Chromosomal karyotype and idiogram of Qingpi-3 kenaf

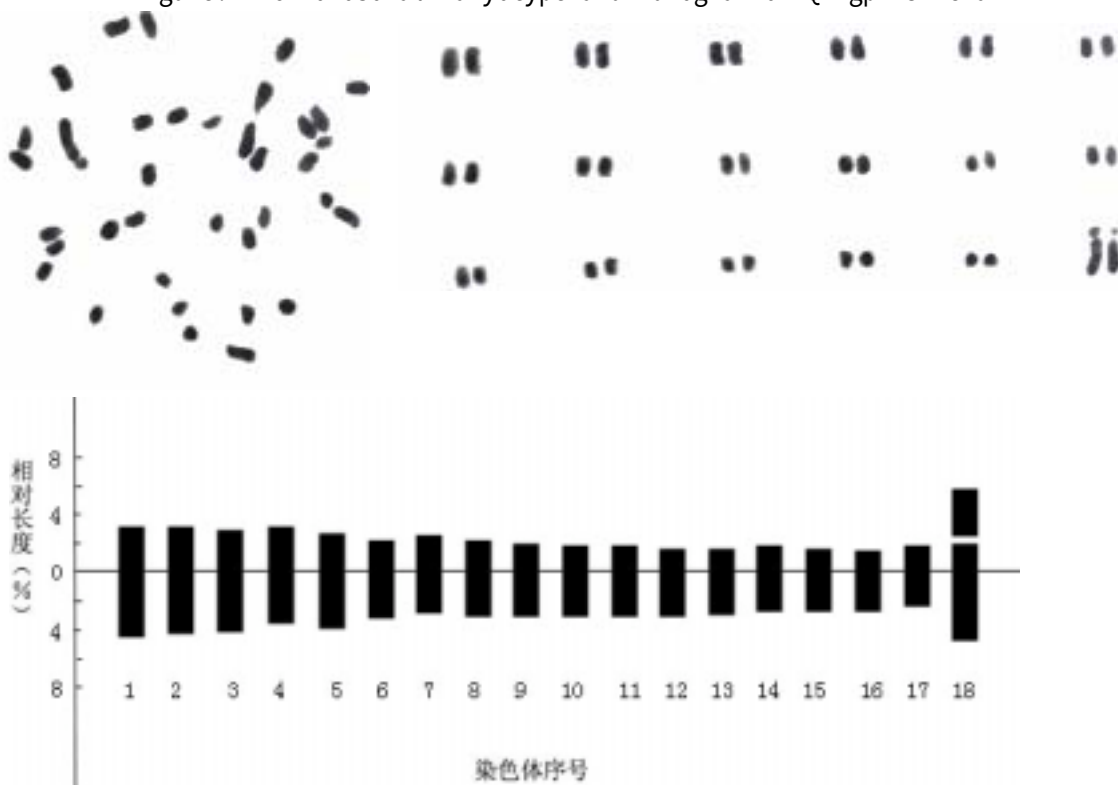


图 18 泰红 763 染色体核型及核型模式图

Figure.18 Chromosomal karyotype and idiogram of Taihong-763 kenaf

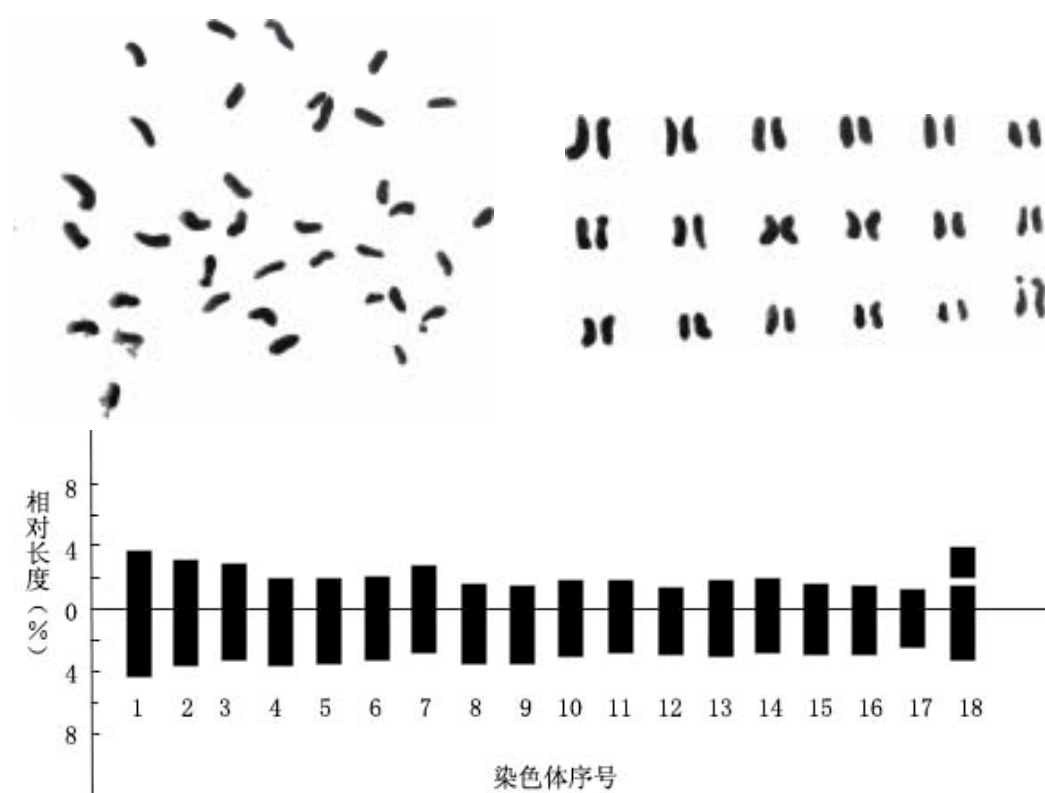


图 19 ZB324 染色体核型及核型模式图

Figure.19 Chromosomal karyotype and idiogram of ZB324 kenaf

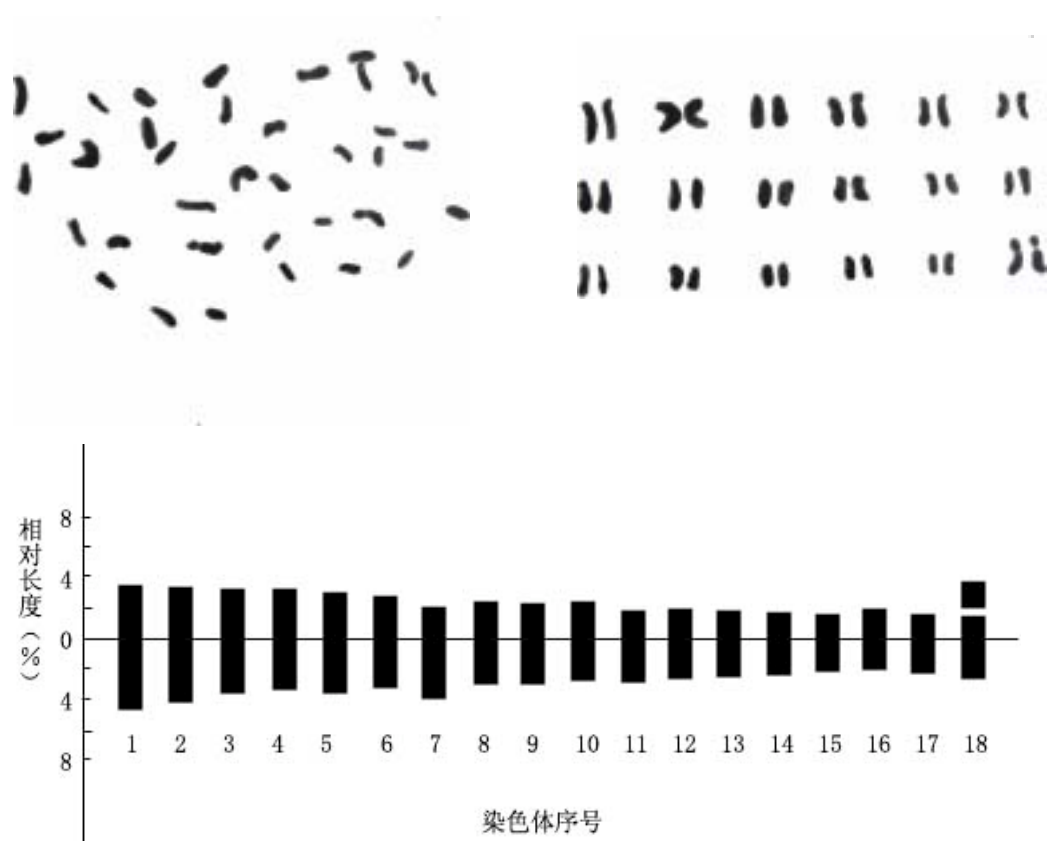


图 20 ZB225 染色体核型及核型模式图

Figure.20 Chromosomal karyotype and idiogram of ZB225 kenaf

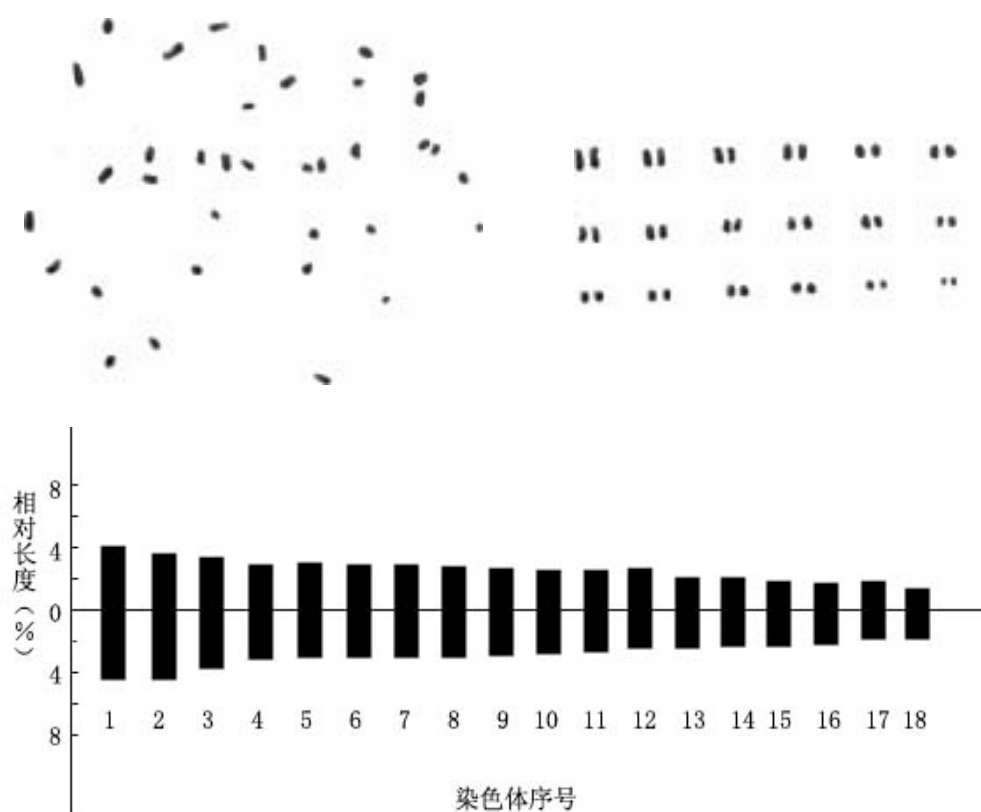


图 21 GA42 染色体核型及核型模式图

Figure.21 Chromosomal karyotype and idiogram of GA42 kenaf

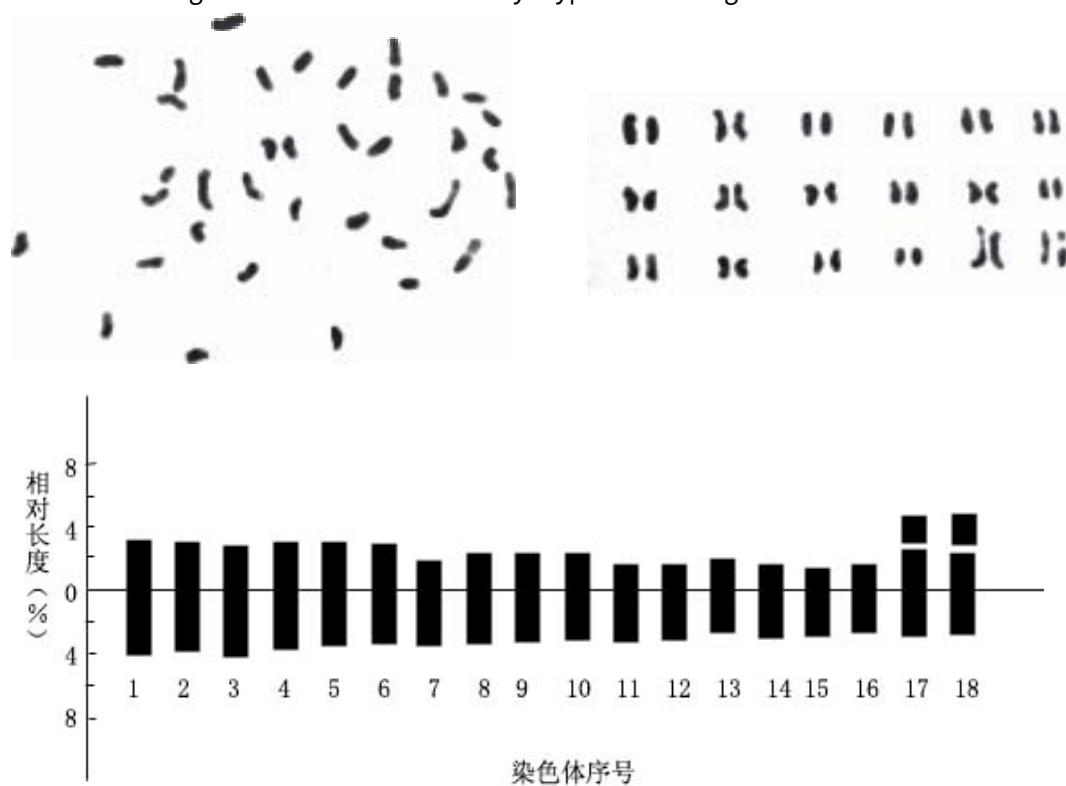


图 22 IDN147 染色体核型及核型模式图

Figure.22 Chromosomal karyotype and idiogram of IDN147 kenaf

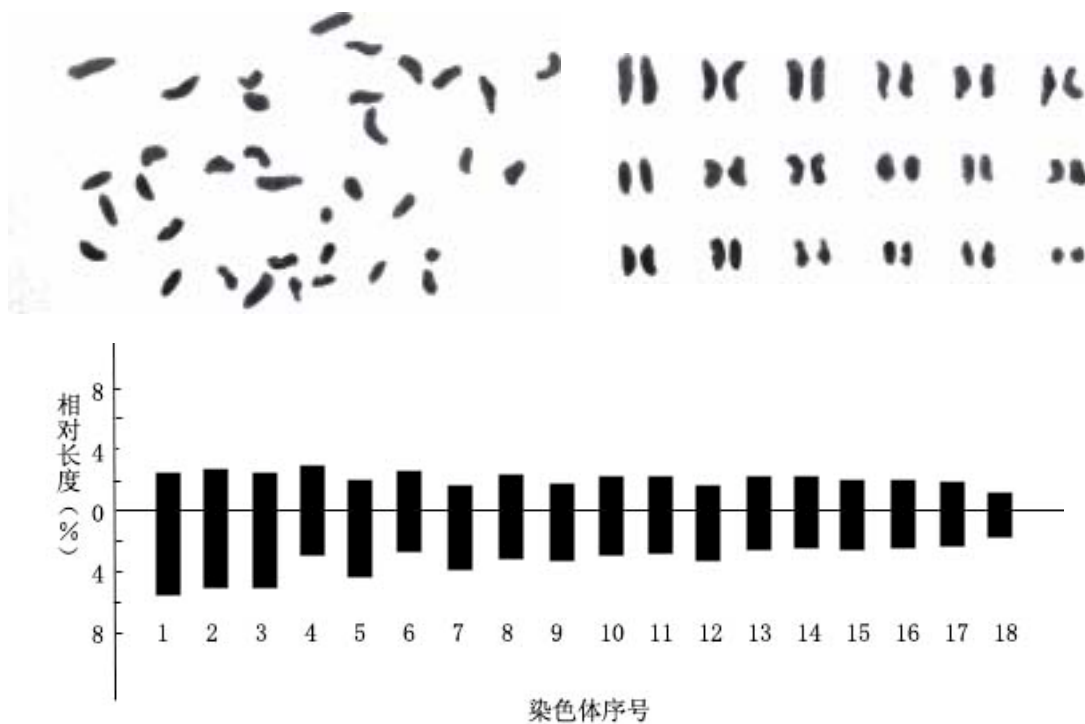


图 23 ZM412 染色体核型及核型模式图

Figure.23 Chromosomal karyotype and idiogram of ZM412 kenaf

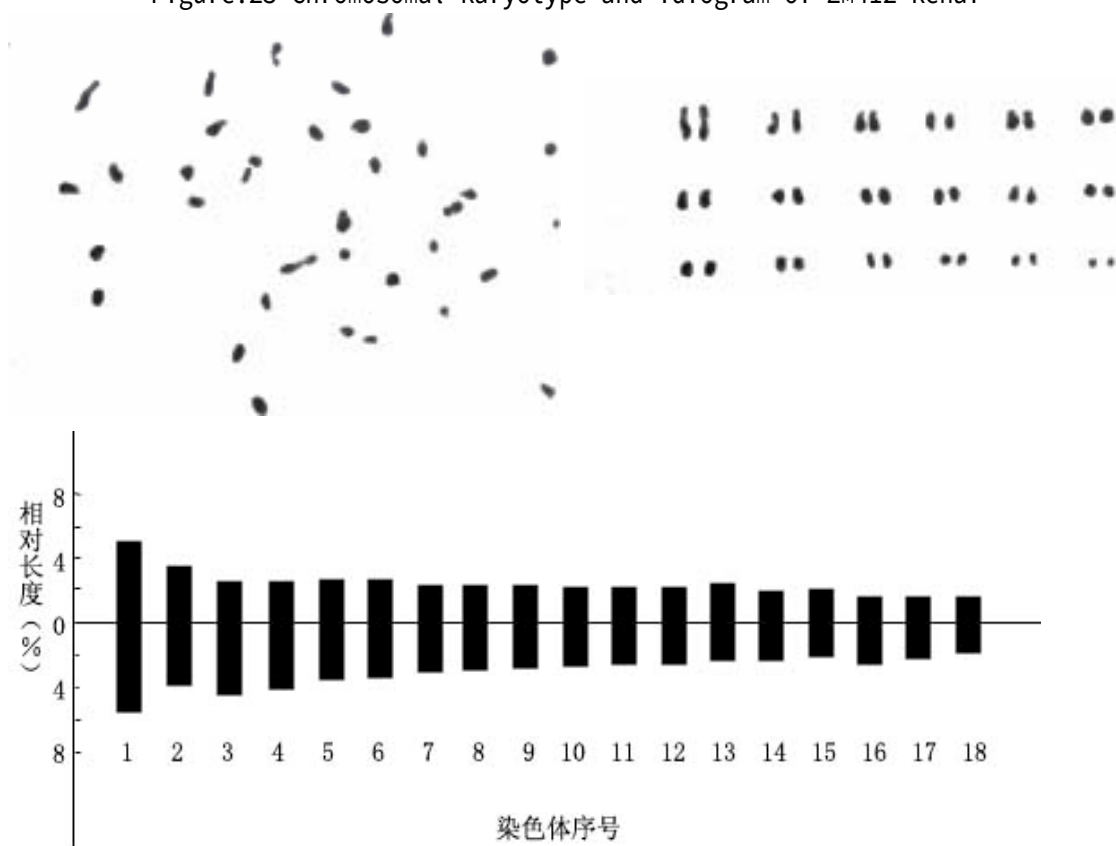


图 24 ZF133 染色体核型及核型模式图

Figure.24 Chromosomal karyotype and idiogram of ZF133 kenaf

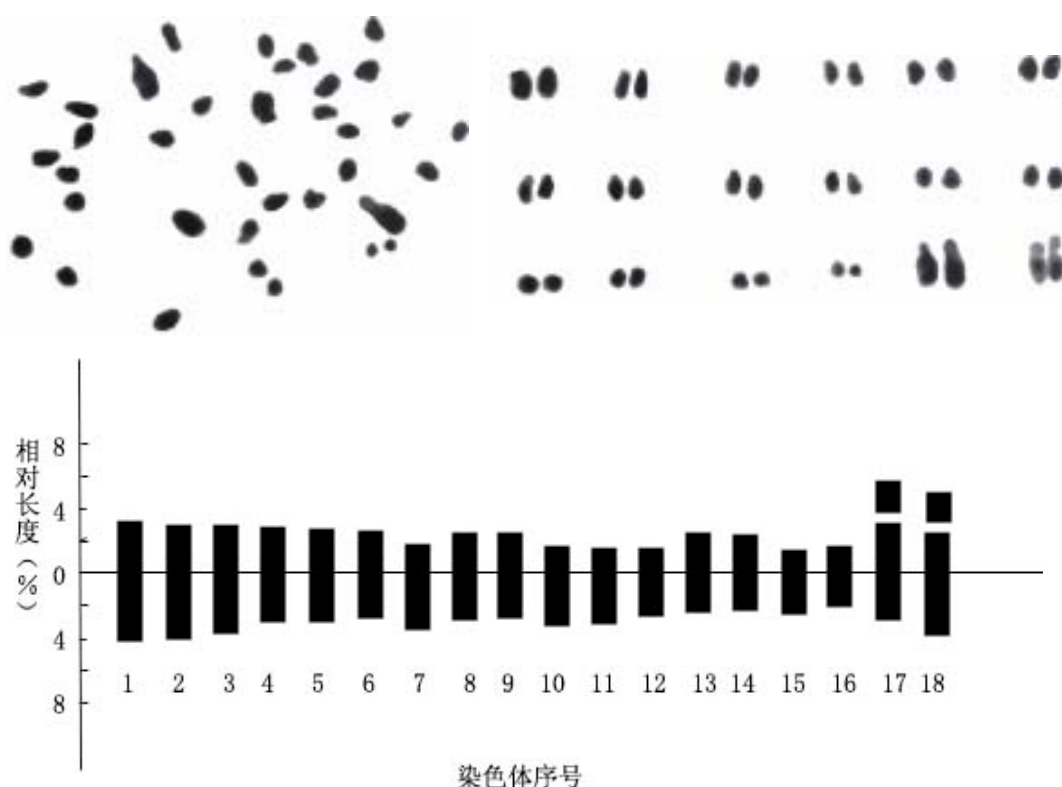


图 25 UG93 染色体核型及核型模式图

Figure.25 Chromosomal karyotype and idiogram of UG93 kenaf

表 5 结果显示，15 份红麻种质资源有 1A、2A、1B、2B 四种核型对称类别。其中 1A 类别有 ZB225，染色体最对称，进化上属于最远古类型。2A 类别有闽红 362、青皮 3 号、IDN147、722、塔什干和泰红 763。其 ASK 值分别为 55.55 %、59.62 %、60.5 %、60.81 %、61.01 %和 62.61 %；闽红 362、泰红 763 的 ASK 值与其他材料差异较大，且闽红 362 的 N.F. 值为 70，说明该类别中，闽红 362 与其他材料亲缘关系较远；而青皮 3 号、IDN147、722 的 ASK 值差异较小，IDN147 有两对随体，青皮 3 号与 722 无随体且核型公式一致，因而青皮 3 号与 722 在细胞学分类上没有差异，形态学差异只表现为裂叶或全叶。1B 类别有 GA42、古巴 8 号、ZF133 和元江红麻，GA42 的 ASK 值为 53.48 %，与其他材料差异较大；元江红麻 N.F. 值为 70，其他材料为 72；古巴 8 号有一对随体而 ZF133 无随体。2B 类别有 UG93、PA364、ZM412 和 ZB324，四者 ASK 值差异不大；PA364 的 N.F. 值为 70，其他材料为 72；ZM412 无随体，UG93 有一对随体，ZB324 有两对随体，显示了该类别内材料间的差异性。

表 5 15 份红麻材料的核型比较

Table.5 Karyotype differences of 15 *Hibiscus cannabinus* L.

材料名称	ASK (%)	N.F.值	最长/最短	臂比>2的比例	核型类别	核型公式	随体大小 μm
ZB225	59.66	72	1.95	0.00	1A	$2n=36=28M+6SM+2M(SAT)$	1.90×0.65
闽红 362	55.55	70	1.83	0.50	2A	$2n=36=28M+4SM+2T+2SM(SAT)$	1.50×1.10
青皮 3 号	59.62	72	1.69	0.06	2A	$2n=36=30M+4SM+2M(SAT)$	0
IDN147	60.50	72	1.55	0.06	2A	$2n=36=20M+12SM+4M(SAT)$	1.90×0.75 , 1.25×0.65
722	60.81	72	1.80	0.06	2A	$2n=36=30M+4SM+2M(SAT)$	0
塔什干	61.01	72	1.39	0.17	2A	$2n=36=26M+10SM+2M(SAT)$	1.45×0.90
泰红 763	62.61	72	1.75	0.17	2A	$2n=36=30M+4SM+2M(SAT)$	1.00×0.80
GA42	53.48	72	2.41	0.00	1B	$2n=36=36M$	0
古巴 8 号	55.72	72	2.11	0.00	1B	$2n=36=30M+4SM+2M(SAT)$	1.25×1.05
ZF133	57.92	72	2.99	0.00	1B	$2n=36=32M+4SM$	0
元江红麻	58.35	70	2.39	0.00	1B	$2n=36=34M+2SM$	1.35×0.70
UG93	59.06	72	2.04	0.22	2B	$2n=36=24M+6SM+2T+4M(SAT)$	1.25×0.85 , 1.10×0.80
PA364	60.53	70	2.60	0.17	2B	$2n=36=24M+4SM+2ST+2T+2M(SAT)+2SM(SAT)$	1.50×1.05 , 0.80×0.65
ZM412	61.77	72	2.51	0.33	2B	$2n=36=26M+12SM$	0
ZB324	61.97	72	2.00	0.17	2B	$2n=36=26M+18SM+2SM(SAT)$	1.65×0.95

2.5 红麻染色体绝对长度的分布

从图 26 可以看出, 染色体长度可初步分为大、中、小三组, 且每组内品种(材料)间差异依然明显。ZB324、ZB225、塔什干、ZM412 染色体为较大染色体, 每对染色体的长度均在 $3\mu\text{m}$ 以上, 最长可达 $6\mu\text{m}$ 以上。这四份材料中 ZB324 的最长染色体为 $6.22\mu\text{m}$, 但主要集中在 $4\mu\text{m}$ 附近; 而塔什干最长染色体为 $5.4\mu\text{m}$, 最短的也有 $3.5\mu\text{m}$, 染色体长度比较均匀。GA42、ZF133、泰红 763 和 722 染色体较小, 长度均在 $3\mu\text{m}$ 以下, 为较小染色体。其中 722 染色体集中在 $1-2\mu\text{m}$ 之间, 明显区别于其他 3 份材料。古巴 8 号、闽红 362、PA364、UG93、元江红麻和 IDN147 这 6 份材料介于大、小染色体组之间, 为中染色体类型。

2D Graph 1

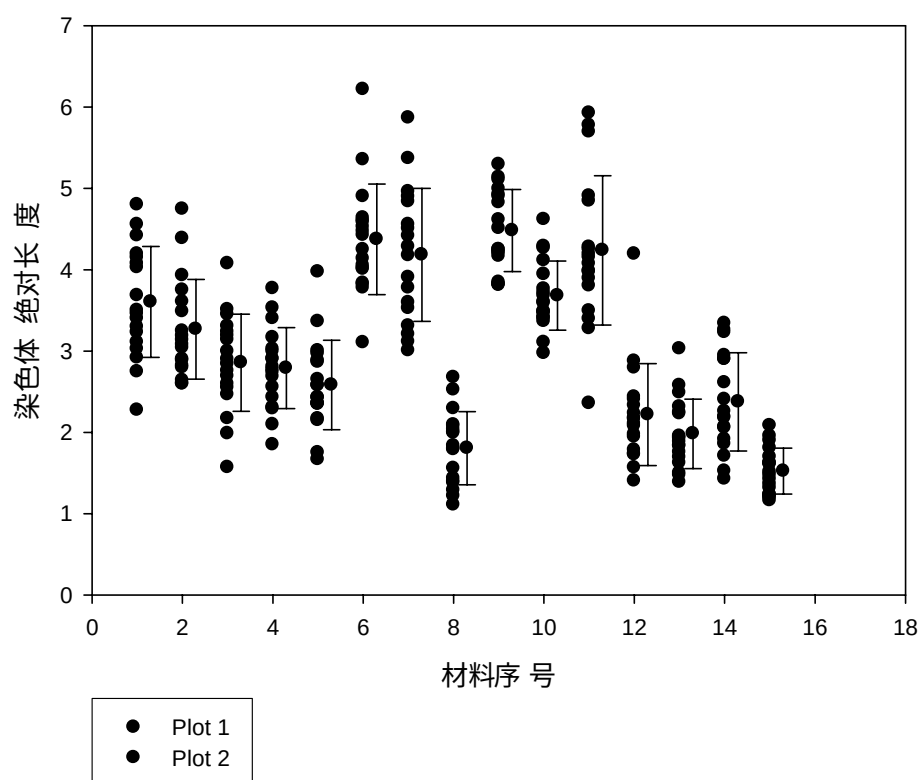


图 26 15 份红麻染色体绝对长度分布图 (单位：微米)

Figure.26 Distribution of chromosomal real length of 15 kenaf accessions (unit: μm)

注.1: 古巴 8 号 2: 闽红 362 3: PA364 4: UG93 5: 元江红麻 6: ZB324 7: ZB225 8: GA42 9: 塔什干 10: IDN147 11: ZM412 12: ZF133 13: 泰红 763 14: 青皮 3 号 15: 722

Note.1: Cuba-8 2: Minhong362 3: PA364 4: UG93 5: Yuanjiang kenaf 6: ZB324 7: ZB225 8: GA42 9: Tashigan 10: IDN147 11: ZM412 12: ZF133 13: Taihong763 14: Qingpi-3 15: 722

2.6 红麻染色体相对长度的分布

从图 27 可以看出，染色体相对长度大多在 3.0 %-8.5 %之间，而且集中在 4 %-7 %。各品种（材料）内染色体间相对长度差异较明显，但品种（材料）间染色体相对长度差异不大，因而采用染色体相对长度作为依据来判断品种（材料）间的差异程度和亲缘关系比较困难。在这 15 份材料中，塔什干、IDN147 与其他材料差异相对较为明显，染色体相对长度均在 4 %-7 %之间。ZF133 有一对染色体相对长度为 10.5 %，而其他染色体都在 4 %-7 %之间，差异很大，该特异染色体可以用来鉴别该材料，但此对染色体长度数据还需要进一步研究确定。

2D Graph 3

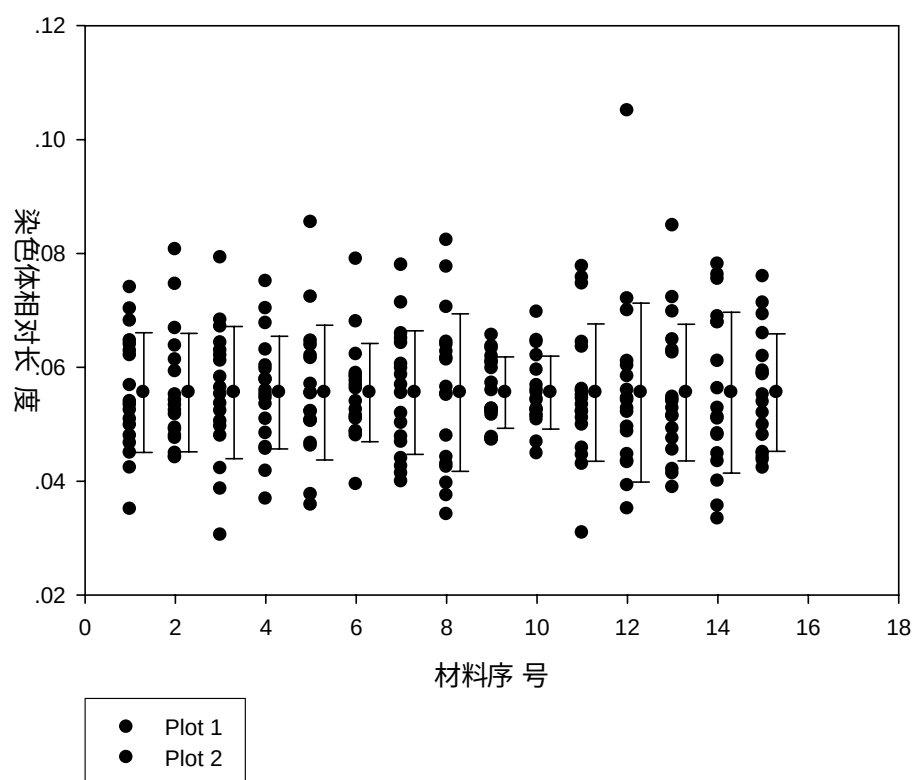


图 27 15 份红麻染色体相对长度分布

Figure.27 Distribution of chromosomal relative length of 15 kenaf accessions

注.1: 古巴 8 号 2: 闽红 362 3: PA364 4: UG93 5: 元江红麻 6: ZB324 7: ZB225 8: GA42 9: 塔什干 10: IDN147 11: ZM412 12: ZF133 13: 泰红 763 14: 青皮 3 号 15: 722
Note.1: Cuba-8 2: Minhong362 3: PA364 4: UG93 5: Yuanjiang kenaf 6: ZB324 7: ZB225 8: GA42 9: Tashigan 10: IDN147 11: ZM412 12: ZF133 13: Taihong763 14: Qingpi-3 15: 722

2.7 红麻染色体臂比值的分布

图 28 结果显示, 品种(材料)间染色体臂比值分布有一定的差异, 根据臂比值来划分红麻种质资源的类型是可行的。在 15 份材料中, 以闽红 362、PA364 的染色体臂比跨度最大, 分别为 1.02-3.78 和 1.09-3.84, 染色体间臂比值差异较大, 臂比大于 2 的染色体数占总染色体数的 50 %和 17 %, 说明闽红 362、PA364 染色体为非对称性类型。相反, 古巴 8 号、GA42 染色体臂比值最小, 且跨度不大, 分别为 1.07-1.75 和 1.00-1.36, 未发现臂比大于 2 的染色体, 为染色体对称类型。其他材料如泰红 763、722 等染色体臂比差异不大, 呈连续变异。而 UG93、ZM412 臂比分布比较类似, 跨度约 1.0-2.4, 相对集中于两极。臂比值的具体情况见表 5。

2D Graph 1

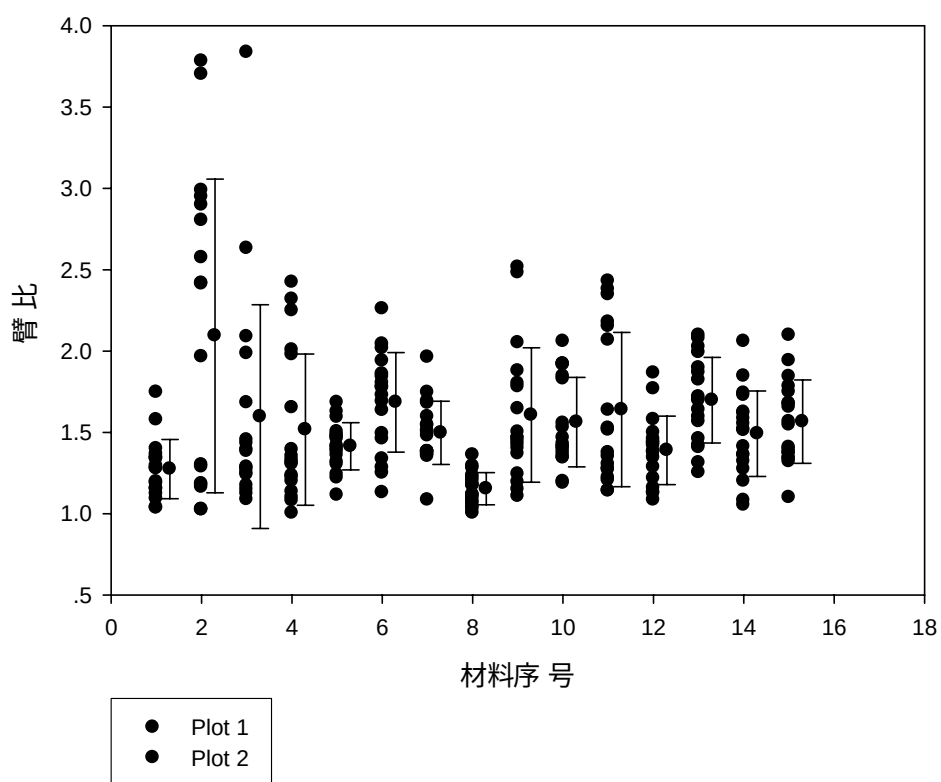


图 28 15 份红麻染色体臂比值分布图

Figure.28 Distribution of chromosomal arm ratio of 15 kenaf accessions

注.1:古巴8号 2:闽红362 3:PA364 4:UG93 5:元江红麻 6:ZB324 7:ZB225 8:GA42 9:塔什干 10:IDN147 11:ZM412 12:ZF133 13:泰红763 14:青皮3号 15:722
Note.1:Cuba-8 2:Minhong362 3:PA364 4:UG93 5:Yuanjiang kenaf 6:ZB324 7:ZB225 8:GA42 9:Tashigan 10:IDN147 11:ZM412 12:ZF133 13:Taihong763 14:Qingpi-3 15:722

讨 论

1 红麻形态学分类

1.1 形态学分类的可行性

由于多样性程度及与野生类型的差异难以掌握,分类学家常常对栽培植物估计不足,仅单纯地把它看作是人类影响的产物。这种看法源于一种错误概念,即认为栽培植物的变异不遵循系统发育模式,事实上在植物所产生的变异过程中,系统发育的渐进作用是十分强大的,人为及环境的作用只不过是一个重要原因而已。人们收集野生植物的种子并不能显著的改变它们的特性,只有在田间重复种植,不断驯化才能达到人们所需要的目的,但大部分原来的性状和基因都没有发生改变。一个红麻品种在 1000 年是红麻,若不考虑以后科技对植物影响的增加,那么 1000 年后它依然是红麻。形态的变化有一定的稳定性,选择恰当的分类描述符,根据形态学进行分类是可行的。

1.2 形态学分类的主要难点与局限性

(1)植物形态多样性的程度以及处理它们的方式是分类中主要的问题,栽培种和其野生种、近缘类型比较,栽培种是一个安全的分类单位。不同的人类文化在不同的环境条件下对不同特性的选择造成了一系列广泛的变异,引发了新形态变化,这是野生及近缘种所没有的。那些原来相互隔离的栽培品种引入新地区后,相互间也会产生杂交和重组,人为的不断选择以及伴生植物与之杂交和渐渗作用强化了这些形态变异。这些多态性变异为分类提供了“假参考”,给分类学家们的准确分类以及研究它们的遗传进化带来困难。(2)分类级别愈低,形态特征特性就会变得不显著。如表 4 中,元江红麻、GA42、SL254、ZB324、UG93 这 5 份材料的苞片端部、叶形、茎色等都是是一致的。(3)一般需要多个描述符描述某一材料的形态特征,结果才比较可靠,然而当分类学家对种质资源进行分类处理时,往往对形态变异分得过细,容易导致分类结果的交叉混杂。如何研究解决(2)和(3)这对矛盾是形态学分类方法研究的重要内容,本论文只做了初步研究,结论的可靠性还需要进一步证实。

1.3 形态学分类方法的建立

形态鉴定简易操作,直观快捷,虽然形态鉴定所用的标记数有限,但用于种质资源的初步鉴定分类还是比较快捷的方法。再者,红麻种质资源的研究起步较晚,与其他作物相对比较落后,形态学鉴定也相对比较实用。本研究通过对 20 个红麻形态描述符的考察,筛选了其中 8 个主要描述符进行分类研究。比较描述符不同的排列顺序所产生的分类结果的变化,最终确定描述符一个标准的描述符顺序为后续研究提供参考。最终确立的顺序是苞片端部、叶形、茎色和分枝特性,

其中苞片端部的形态差异是区分红麻及其他植物的主要标志,这与前人研究比较相似^[76]。其余 7 个描述符在红麻种间和品种间均具有多态性,可作为分类和亲缘关系研究的依据^[56, 58],也可以用于优异和特异种质的鉴定评价。

1.4 基于形态学分类的红麻亲缘关系

论文根据苞片端部可以将红麻种质资源聚类为苞片渐尖、钝形和分叉三大类群。第Ⅰ类群(苞片渐尖类群)根据叶形可分为裂叶和全叶两个亚群。裂叶亚群中勐海紫茎茎色、叶柄色均为深紫色,花色为乳白色,表现为弱分枝,这些特征说明勐海紫茎与其他各品种(类型)亲缘关系较远。绿茎组内青皮 3 号、闽红 362 和 IDN147 亲缘关系很近。而泰麻 2 号和 PA364,只有种子形状和茎表面存在差异,前者为肾形、有毛,后者为亚肾形、有刺。二者都来自亚洲南部,表现与地理起源相一致,说明形态特征与起源地有很大关系。红茎组内塔什干和 ZM412 与其他种亲缘关系较远。元江红麻、GA42、SL254、ZB324 和 UG93 亲缘关系最近。全叶亚群中有 7804、722、古巴 8 号和阿联红麻四个栽培品种,无论是地理起源和亲缘关系上前二者都相距较近,后二者相距较远。

第Ⅱ类群(苞片钝形类群),该群叶形一致。有 ZF78、福 1 和 H118 三个类型。前二者为绿茎,后者为紫茎,但下一级分类(即在分枝特性)处,ZF78 无分枝,H118 表现为弱分枝,说明相互间亲缘关系比较远。该类群来源于非洲,推测福 1 是从非洲引入台湾继而转入福建的。

第Ⅲ类群(苞片分叉类群),该群只有 85-283,苞片端部、分枝特性、花瓣色与其他各品种都有很大差异。说明 85-283 在 30 份材料中亲缘关系最远,根据李爱青^[76]的判断标准,85-283 不属于木槿属。

2 红麻细胞学分析

染色体核型(Karyotype)也称为染色体组型,它表示一个个体或一个物种细胞中核内的染色体组成。核型分析(Karyotype Analysis)主要是研究体细胞染色体的形态特点。有丝分裂各个时期染色体的形态大小不一致,由于在分裂中期染色体均匀地排列在赤道板上,观察和计数都比较方便,所以一般研究分生组织(譬如根尖)细胞有丝分裂中期的染色体形态和数目。近年来,因体细胞有丝分裂前中期或晚前期时的染色体有许多有价值的形态指标,如染色体较长、随体较易观察到,特别是对染色体小而多的生物来说,这个时期是研究染色体形态的最适宜时期。但不论是用有丝分裂中期的染色体,还是前中期或晚前期的染色体,染色体都必须分散、完整,显微摄影后染色体清晰、边缘不淡化,满足这些要求才能准确地对染色体测量,描述形态特征。然后对染色体照片的剪贴、配对,根据染色体的长度、形态特征及着丝粒位置,依次排列、编号、描绘核型模式图便能正确反映生物本身染色体的真正面貌,从而准确阐明生物染色体组的构成,为种质

资源鉴定提供细胞学证据。

目前对红麻的染色体数目有一致的结果，但在染色体核型方面还存在争议，如染色体的排列次序、随体数目以及大小等。以前有报道红麻只有一对随体，有的报道有两对随体，随体大小也不一致^[58]。本试验的结果表明，红麻有的品种无随体，有的品种有 1 对随体，有的品种有 2 对随体，这与前人研究有所不同^[73]。笔者认为可能是因为其中一对随体较小，与染色体紧密粘连或者次缢痕无法识别造致人为判断的错误，另外可能也因为随体不甚明显或随体离携带它的染色体太远，不能区分它是随体还是杂质，或者无法区分它是哪一条染色体的随体。在观察过程中，发现某些染色体主缢痕识别困难，整条染色体染色没有较窄的部位，笔者暂称之为“水桶腰”染色体，这可能是由于有丝分裂的不同时期染色体收缩所致。本试验有的材料未观察到随体，是由于技术上的原因致使随体未能显现，还是这些材料没有随体，有待进一步研究。从核型照片可见有的随体染色深，有的随体染色浅，说明植物染色体随体可能存在着结构或物质含量的差异，随着研究的深入，以后的研究可能不局限于对染色体形态和大小，将会深入到随体内部的物质和结构。

对物种的研究，单靠核型分析确定物种的起源、亲缘关系有时很困难，结果也不够可靠，还需要结合染色体分带才能正确反映。本试验由于时间的限制，未继续对红麻染色体进行带型分析，否则可通过带纹对红麻的染色体进行更准确的分析，从而制订出更公认的标准核型模式图。

3 核型分析与物种亲缘关系的探讨

红麻种质资源广泛分布于世界各地，由于不同生态条件的长期影响，形成了很多不同类型（品种）。所以，探讨红麻不同基因型品种间的细胞学异同及其与外部形态特征的关系，了解它们之间的亲缘关系，为育种和引种提供科学的染色体证据是有实际意义的。

对称性和非对称性染色体核型是比较形态学的概念。通过观察原始的蕨类植物、苔藓植物和藻类植物的染色体核型，发现它们都是比较对称的。人们由此设想在整个植物界中，对称的染色体核型是原始的，不对称核型是较现代的^[81]。植物发展趋势是从对称性到较大的非对称性，但是这种趋势有时候会发生逆转。因为生物的进化策略是多样化的，所以在研究植物遗传进化时，染色体核型只能是一个重要参考，并非单凭核型便能确定。现已知某些科、属内，核型的进化表现为由不对称到对称，或者两个相反的过程均存在^[74,82]。本实验研究结果也发现野生型品种的核型并不一定是对称的，例如，野生种 ZB324、ZM412、UG93 和 PA364 的核型类别为 2B 型，GA42、ZF133 的核型类别为 1B 型；栽培种除古巴 8 号、元江红麻的核型类别为 1B 外，其他各品种均为 2A 型。本实验为何只发现 1A, 2A, 1B

和 2B 四种核型，未发现其他核型，以往研究也没发现其他核型，作者估计红麻只有这些核型，或和这些核型比较接近的核型类别，而并非所选材料广度不够。

4 形态分类与核型分析结果的比较

比较形态学与核型分析结果（表 4，表 5），至少发现四个特点：①在形态学分类中 ZB324、ZB225、UG93、ZM412、PA364 亲缘关系较近。而核型分析结果中 ZB324、UG93、ZM412 和 PA364 同属 2B 类型，唯独 ZB225 为 1A 类型。②形态学分类中元江红麻、GA42、ZF133 亲缘关系很近，核型分析中它们也都同属于 1B 类型，而在 1B 类型中还有形态学分类较远的古巴 8 号。③形态学分类中，闽红 362、青皮 3 号、IDN147、泰红 763 和塔什干亲缘关系较近，而在核型分析中它们也都属于 2A 类型，而在 2A 类型中还有形态学分类较远的 722，而形态学中 722 与这几个材料距离较远。④形态学差异不明显的材料，染色体形态、大小表现出差异性，核型公式也有所不同。为何 ZB225、古巴 8 号和 722 在两种分类方法中会有不同的结果，原因还有待进一步研究。有可能形态分类不能以某一描述符就把一些材料划分为几个类型，而应该是综合考虑各个描述符，把相同性状较多的划分为同一类，相同性状较少的划分为另一类。不过，形态学与细胞学分类结果中有个别不能吻合也是正常的，采用形态学与细胞学方法所得的结论虽然有一些不相吻合，但综合来看分类结果还是比较可信的。

5 植物分类方法的比较

在植物学的发展中，植物分类的方法大致可分为两种。一是人为的分类法，即按照人们的意图，选择植物的一个或几个特点作为分类的标准。如瑞典分类学家林奈把有花植物雄蕊的数目作为分类标准，分为一雄蕊纲、二雄蕊纲等，依次类推。二是自然分类方法，把植物的亲疏程度作为分类标准，根据植物相同点的多少判断亲疏程度。相同点多的，认为它们较亲近；相同点少的，认为它们较疏远。

最近 10-25 年是分类学的变革时期。有两个领域发展较快：一是生物化学系统，二是统计分类学，或数量分类学。生物化学分类系统学为我们进行分类或订正以前的分类提供了参考，为评价某些类别的种系关系提供可靠依据。生化方面的“大分子”水平的资料，有助于查明类群的起源。

统计数量分类学试图用数量方法重建进化关系，并判断性状和器官的进化趋向。统计分类学的不同点在于应用计算机处理数据和比较各组资料，以避免或减少主观因素。然而我们还应重视形态学和解剖学，新方法的出现，证实了以前各类分类方法的意义，但没有排除以前的方法。因此，我们既要考虑分类学最近的发展，也应考虑传统的分类方法。

参考文献

- [1] 祁建民, 林荔辉, 林培青, 等. 优质高产红麻品种福红 951 的选育[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2003, 32(1): 1-5
- [2] 祁建民, 卢浩然, 郑云雨, 等. 红麻品种产量与纤维品质性状的配合力分析[J]. 福建农学院学报, 1990, 19(1): 13-18
- [3] 祁建民, 卢浩然, 郑云雨, 等. 红麻产量与纤维品质性状的杂种优势及其与配合力效应的关系[J]. 福建农学院学报, 1991, 20(2): 134-139
- [4] 中国农业科学院麻类研究所. 中国麻类作物栽培学[M]. 北京: 农业出版社, 1993
- [5] J.D.Bilbro, D.W. Fryrear. Comparative performance of forage sorghum, grain sorghum, kenaf, switchgrass, and slat-fence windbarriers in reducing wind velocity[J]. Soil and Water Cons., 1997, 52(6): 447-451
- [6] J.C.Villar, P.Poveda, J.L.Tagle. Comparative study of Kenaf varieties and growing conditions and their effect on kraft pulp quantity[J]. Wood Sci. and Tech., 2001, 34: 543-552
- [7] 栗建光译, 戴志刚校. 利用黄麻、红麻作造纸制浆原料[J]. 中国麻业, 2003, 25(2): 93-98
- [8] 谭石林. 我国红麻制浆造纸原料生产现状及其对策[J]. 中国麻业, 2002, 24(3): 34-38
- [9] 胡镇修. 造纸用红麻纤维形态特征与纤维品质的变异[J]. 中国造纸, 1999, (6): 32-34
- [10] 龙超海, 张木样. 我国红麻制浆造纸发展探讨[J]. 中国造纸, 2000, 19(3): 61-64
- [11] 卢士森, 黄秀宝. 黄红麻土工布的开发前景[J]. 中国纺织大学学报, 2000, 26(5): 115-117
- [12] Jianying Xu, Ryo Sugawara, Ragil Widyorini. Manufacture and properties of low-density binderless particleboard from kenaf core[J]. Wood Sci., 2004, 50: 62-67
- [13] A.Grigoriou, C.Passialis, E.Voulgaridis. Kenaf core and bast fiber chips as raw material in production of one-layer experimental particleboards[J]. Holz als Roh-und Werkstoff, 2000, 58: 290-291
- [14] Dilpreet S.Bajwa, Poo Chow. Some performance characteristics of aspen-kenaf composite boards[J]. Forest Prod. Jour., 2003, 53(10): 30-35
- [15] Frank X Werber. Proceedings International Kenaf Conference[In]. Fresno. California. 1993, 3
- [16] International Jute Organization. Proceedings of the IJO/ICAR Orientation Course on "Germplasm Collection, Characterization and Conservation of Jute Allied Fibers" [In]. 1987,
- [17] W.A.Phillips, S.C.Rao, J.Q.Fitch *et al.* Digestibility and dry matter intake of diets containing alfalfa and kenaf[J]. Animal Science, 2002, 80(1): 2989-2995
- [18] James P.Muir. Effect of dairy compost application and plant maturity on forage kenaf cultivar fiber concentration and in Sacco disappearance[J]. Crop Sci., 2002, 42(1): 248-254
- [19] Thi Bach Tuyet Lam, Keko Hori, Kenji Iiyama. Structural characteristics of cell walls of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) and fixation of carbon dioxide[J]. Wood Sci., 2003, 49: 255-261
- [20] 程舟, 蛟岛一彦, 陈家宽. 红麻种质资源遗传变异和亲缘关系的 RAPD 分析[J]. 中国麻业, 2002, 24(1): 1-12

- [21] 李敬机.红麻制浆造纸现状及发展方向[J].中国造纸, 1996, (1):52-57
- [22] 谭石林, 刘伟杰.高产优质造纸红麻品种的筛选与影响因素研究[J].作物研究, 1994 , (1): 33-36
- [23] 邝仕均, 王菊华, 薛崇昀, 等.红麻纤维及其造纸基本特性(上)[J].中国造纸, 1997 (1): 7-10
- [24] 胡镇修.造纸用红麻纤维形态特征与纤维品质的变异[J].中国造纸, (6): 32-34
- [25] 陈叔酉.红麻全秆制浆造纸[J].中国麻作, 1990, (2): 22
- [26] 汤永海, 陈安国.红麻茎皮骨比值的测定和分析[J].中国麻作, 1994. 16 (2): 3-7, 10
- [27] 孙焕良, 邝秀明.红麻茎中部韧皮纤维发育与主要农艺性状、纤维产量的关系及其简易观测方法[J].中国麻作, 1993 (3): 6-12
- [28] Nieschlag H J. A search for new fiber cropsIII[J]. Tappi,1960, 43(3):93-201
- [29] Nieschlag H J. A search for new fiber crops IV [J]. Kenaf composition. Tappi,1960,44(7):515-516
- [30] Clark T F. A search for new fiber crops V: Pulping studies on kenaf[J]. Tappi, 1962,45(10):780-786
- [31] Clark T F.A search for new fiber cropsVI:Kenaf and wood blends[J].Tappi, 1962,45(10):786-789
- [32] Clark T F. A search for new fiber cropsVIII:Sulfate pulping of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) [J].Tappi ,1965,48(6):381-384
- [33] Clark T F. A search for new fiber cropsIX:Bond paper containing continuously pulped kenaf[J].Tappi ,1971,54(1):63-65
- [34] Atchison J E. Twenty-five years of global progress in nonwood plant fiber repulping[J]. Tappi, 1996,79(10):87-95
- [35] 刘学军, 周海深, 卢承部, 等.黄红麻纺织产品深加工技术的探讨[J]. 广西纺织科技, 2002, 31 (4): 2-6
- [36] 史春霞, 白洋, 郁崇文.黄、红麻资源的优化与开发利用[J].中国麻作, 2001, 23 (1): 40-43
- [37] 邵松生.麻类纺织的开发前景[J].纺织导报, 2000, 1: 66-67
- [38] 郑来久, 郁崇文.黄红麻纤维化学改性及其与棉混纺的研究[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2002, 28(5):94-98
- [39] Terry Sellers Jr, George D Miller, Marc Katabian. Recycled Thermoplastics Reinforced with Renewable Lignocellulosic Materials[J]. Forest Products Journal, 2000, 5(50):24-28
- [40] A. Grigoriou, C. Passialis, E. Voulgaridis. Kenaf core and bast fiber chips as raw material in production of one-layer experimental particleboards[J]. Holz als Roh-und Werkstoff, 2000(58):290-291
- [41] Jianying Xu, Guangping Han, E. D. Wong, *ect*. Development of binderless particleboard from kenaf core using steam-injection pressing[J]. Wood Sci., 2003, 49:327-332
- [42] Dilpreet S Bajwa, Poo Chow. Some performance characteristics of aspen-kenaf composite boards[J]. Forest Prod. Jour., 2003, 53(10):30-35
- [43] Jan Suszkiw. A quieter car ride with kenaf[J]. Agri. Research, 2002, 50 (7):18
- [44] Phillips W. A., F. T. McCollum, G. O. Fitch. Kenaf dry matter production, chemical

- composition, and in situ disappearance when harvested at different intervals[J]. Prof. Anim. Sci, 1999, 3(39):15-34
- [45] Vinson, H.W., R.S. Swingle, R. Voigt. Nutritive value and yield of kenaf grown for forage compared with conventional annual forages[J]. Prof. Anim. Sci, 1979, 30:194-197
- [46] Webber, G.L. Crude protein and yield components of six kenaf cultivars as affected by crop maturity[J]. Industrial Crop. Prod. 1993, 3(2):27-31
- [47] 唐守伟. 麻纤维地膜的开发应用前景分析[J]. 中国麻业, 2001, 23 (3): 28-29
- [48] 郑来久, 季婷, 李英华. 红麻湿法非织造布的开发研究[J]. 产业用纺织品, 2003, 21: 12-15
- [49] 朱宏伟, 周景辉. 农用环保型麻地膜的试制——蒸煮工艺条件的确定[J]. 黑龙江造纸, 2002, 4: 6-8
- [50] International Jute Organization. Proceedings of the IJO/ICAR Orientation Course on "Germplasm Collection, Characterization and Conservation of Jute Allied Fibers" [In]. 1987
- [51] Edmonds J.M. Herbarium survey of *Corchorus* and *Hibiscus* [In]. IJO Technical Reports, Dhaka, 1987
- [52] Edmonds J.M. The distribution of *Hibiscus* L. section *Furcaria* in tropical east Africa [In]. Systematic and ecogeographic studies on crop gene pools, Rome: IBPPGR/IJO, 1991
- [53] 祁建民. 红麻种质资源创新的理论与实践[J]. 中国麻作, 1999, 21(1): 43-44
- [54] 陈基权, 粟建光, 戴志刚, 等. 红麻种质资源保存及核心种质库的构建研究[J]. 中国麻业, 2006, (2): 71-75
- [55] 孙志强. 红麻种质资源遗传多样性的 ISSR 分子标记研究[D]. 福建: 福建农林大学, 2005, 4
- [56] 邓丽卿, 粟建光, 黄培坤, 等. 红麻种质资源的形态及分类研究[J]. 中国麻作, 1991 (4): 16-20
- [57] 粟建光, 邓丽卿, 俞世蓉. 红麻种质资源农艺性状的遗传变异和数量分类[J]. 中国农业科学, 1992, 25 (3): 50-57
- [58] 邓丽卿, 黄培坤, 粟建光, 等. 红麻和木槿属 *Furcaria* 组植物的形态分类及细胞遗传学研究[J]. 湖南农学院学报, 1994, 20 (4): 310-317
- [59] 邓丽卿, 粟建光, 李爱青. 红麻种质资源的农艺性状研究与利用[J]. 中国麻作, 1994, 16 (4): 1-4
- [60] 潘其辉, 赖占钧, 邹园秀, 等. 江西黄、红麻种质资源研究与评价[J]. 江西农业学报, 1997, 9 (4): 82-84
- [61] 邓丽卿. 红麻品种的光温反应特性研究[J]. 中国农业科学, 1987, 20(4): 56-62
- [62] 陈洪福, 张怀芳, 邓丽卿, 等. 红麻种质资源抗炭疽病鉴定[J]. 作物品种资源, 1991, 3: 24-25
- [63] 李德芳, 刘伟杰, 谭石林. 红麻对短光钝感材料的发掘及其研究[J]. 作物学报, 1996, 22 (1): 50-55
- [64] 汤清明, 臧巩固. 1997-1998 年国家红麻新品种区域试验总结[J]. 中国麻作, 1999, 21 (2): 5-8
- [65] 汤清明, 臧巩固. 1999-2000 年全国红麻新品种(系)区域试验总结[J]. 中国麻作, 2001, 23 (2): 2-7

- [66] 李竞雄, 宋同明.植物细胞遗传学[M].北京:科学出版社, 1997
- [67] Paul J.Fitzgerald.Plant germplasm:the necessary resource for the future[In].
Sicntific management of germplasm: characterization, evaluation and
echancement[C].1992
- [68] 栗建光, 戴志刚, 龚友才, 等.红麻种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社, 2006, 3
- [69] Stebbins G L. Chromosomal evolution in higher plant[M]. London, Edwards
ArnoldLtd, 1971
- [70] Stebbins G L. Longevity, habitat, and release of genetic variability in the
higher plants[M]. Cold Spring Harbor Symp Quant Bio1,1958,23: 365-378
- [71] 周明德, 张宗文, 佟大香, 等译.种质资源科学管理:鉴定、评价和创新[M].中国农业
科技出版社, 1992, 25—31
- [72] 陶爱芬, 祁建民, 李爱青, 等.红麻优异种质资源遗传多样性与亲缘关系的 ISSR 分析
[J].作物学报, 2005, 12: 1668-1671
- [73] 唐晓敏.红麻不同基因型材料亲缘关系及种质鉴定的细胞学和分子标记研究[D].安徽:
安徽农业大学, 2003, 6
- [74] 李懋学, 陈瑞阳, 徐宗尧.植物染色体研究技术[M].河北, 昌黎, 1988, 7
- [75] 李爱青. 红麻不同种质资源的分类与分布研究[J].现代农业科技, 2005, 3: 21-24
- [76] 李爱青, 邓丽卿, 栗建光.红麻稀有材料的分类地位研究[J].作物学报, 1993, 5: 239
—245
- [77] 方嘉禾. “九五”期间我国作物种质资源研究取得重大进展[J].植物遗传资源科学,
2002, 3 (3): 37-40
- [78] 栗建光, 龚友才, 关凤芝, 等.麻类种质资源的收集、保存、更新与利用[J].中国麻业,
2003, 25 (1): 4-8
- [79] 李爱青.肯尼亚黄麻红麻种质资源的考察报告[J].中国麻作 1990 (1): 16-20
- [80] 熊和平.坦桑尼亚黄麻红麻种质资源考察[J].中国麻作, 1989 (4): 5-9
- [81] Levitsky G A.The karyotype in systematcs[J].Bull.Appl.Bot.Genet.PI Breed.1931,
27:220-240
- [82] 徐炳声, 张芝玉, 陈家宽, 等.染色体研究的进展与植物分类学(下)[J]. 武汉植物学
研究,1996,14(3):261-268

附 录



1

2

3

附图 1.红麻花的颜色及形态

Supplemental picture.1 Colours and shapes of kenaf flower

注.1：勐海紫茎（乳白） 2：85—283（金黄，花瓣 7 片） 3：H118（红紫）

Note.1:Menghai zijing(white) 2:85-283(golden yellow,7 pieces of petals)

3:H118(red purpl)



1

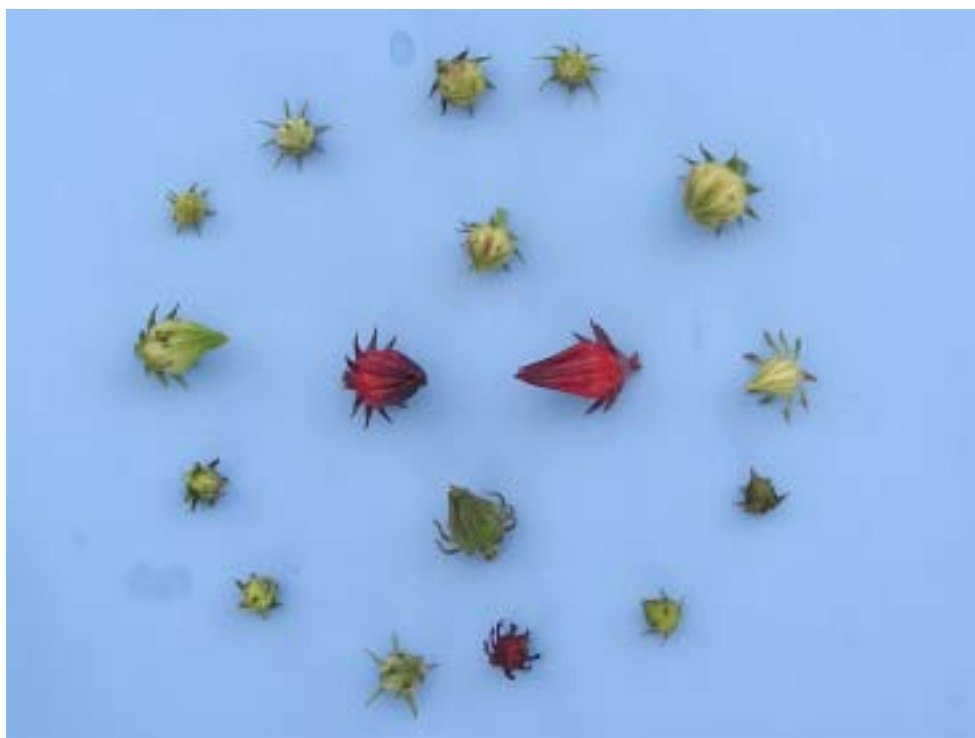
2

附图 2.红麻苞片的形状

Supplemental picture.2 Shapes of kenaf bract top

注.1：分叉（有凹槽） 2：钝形

Note.1: Forked(groove) 2: Obtuse



附图 3.红麻蒴果的形态(资料图片)

Supplemental picture.3 Shapes of kenaf fruits (picture for more information)



附图 4.红麻种子大小及形态

Supplemental picture.4 Size and shapes of kenaf seeds

注.1:7804 2:722 3:元江红麻 4 勐海紫茎 5 :早熟红麻 6 润红 362 7 泰红 763 8 :塔什干 9:古巴 8 号 10 :青皮 3 号 11 :阿联红麻 12 :红引 135 13 : PA364 14:ZF78 15:AS227 16:MX247 17:IDN147 18:ZM412 19:SL254 20:UG93 21:NA414 22:GA42 23:ZB225 24:ZB324 25:ZF133 26:福 1 27 :泰麻 2 号 28 :H118 29:H003 30:85-283

致 谢

感谢我的指导老师严钦泉研究员，他给了我学习的机会，开阔了眼界、提升了我的科研能力。严老师对科研工作的执著追求，无私奉献的精神，严谨的科研态度，渊博的知识我留下了终生难以泯灭的印象，是我学习的楷模。衷心感谢他三年来对我学业上的指导和帮助。

感谢中国农业科学院麻类研究所的栗建光导师给予经费、材料、实验设备等资助。他对我的研究设计和实验工作给予的指导和帮助。栗老师献身科学的精神，诚挚待人的宽广胸怀，独特的人格魅力给我留下了深刻印象，是我前进的指明灯。

中国农科院麻类所是我科研生涯又一新起点，在这里我体会了奋发向上的精神、友爱互助的精神和团结的力量，正是这样良好的氛围促使我实验顺利完成。感谢农业部麻类作物遗传改良与工程微生物重点开放实验室的臧巩固研究员和赵立宁研究员在实验过程中提供的实验技术指导及论文撰写中参与的讨论。我衷心感谢戴志刚、龚友才、高红、谢晓美等课题组各位成员，以及邱财生同学给我的支持与配合，使我节省了不少时间。感谢我的师兄陈永华、朱旭东对我的点拨与讲解。论文成稿后，崔国贤教授、王玉富研究员等提出了许多很好的修改意见和建议，在此一并致谢！

感谢农学院的所有老师对我的栽培与教诲，感谢研究生处的领导和杨海君老师，杨老师对我的学习生活等方面给予的诸多关心和帮助。2003级作物育种专业的同学们为我提出了不少很好的建议，在此深表谢意！

最后感谢我的父母与朋友对我工作的理解和支持。

陈基权

2006年5月

作者简介

姓 名：陈基权

性 别：男

籍 贯：广西玉林

出生年月：1980 年 1 月

政治面貌：中共党员

主要学习经历：

2003.9—2006.7 湖南农业大学农学院攻读硕士学位

1999.9—2003.7 湖南农业大学农学院读本科

1996.9—1999.7 广西玉林市第一中学读书

1993.9—1996.7 广西玉林市福绵镇一中读书

在读期间发表的论文与著作

论文：

- 1.水稻 eu1 基因的研究与应用，湖南农业大学学报，2004 年第 5 期，第一
- 2.红麻种质资源保存及核心种质库的构建研究，中国麻业，2006 年第 2 期，第一
- 3.红麻种质资源鉴定评价与分类研究，植物遗传资源学报，已接收，2006 年第 3 期，第三

著作：

- 1.红麻种质资源描述规范和数据标准，中国农业出版社，2006 年 3 月，第四
- 2.黄麻种质资源描述规范和数据标准，中国农业出版社，2005 年 11 月，第四