

油莎豆栽培与加工新技术

◎ 陈 星 等著

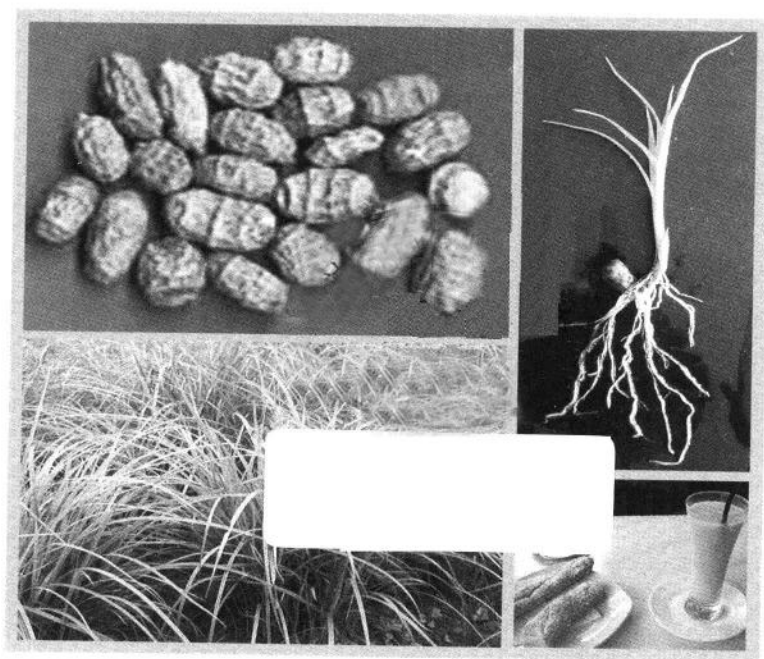


中国农业科学技术出版社

国家出版基金项目
国家出版基金资助
ISBN 7-109-15555-5
定价：25.00元

油莎豆栽培与加工新技术

◎ 陈 星 等著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

油莎豆栽培与加工新技术 / 陈 星 等著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2013. 5

ISBN 978 - 7 - 5116 - 1238 - 0

I. ①油… II. ①陈… III. ①油莎豆 - 栽培技术②油莎豆 - 蔬菜加工 IV. ①S565. 9②TS255. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 051773 号

责任编辑 张孝安

责任校对 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010)82109708(编辑室) (010)82109702(发行部)
(010)82109709(读者服务部)

传 真 (010)82109708

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 各地新华书店

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 787mm×1 092mm 1/16

印 张 11.375 (彩插 8 页)

字 数 210 千字

版 次 2013 年 5 月第 1 版 2013 年 5 月第 1 次印刷

定 价 30.00 元

————— 版权所有·翻印必究 —————

前 言

油莎豆原产非洲，油莎豆中含有油脂、淀粉、糖、蛋白质、纤维素、维生素、矿物质等营养成分，具有很高的营养价值和经济价值。油莎豆性喜温暖湿润气候，适应性广、根系发达、分蘖再生力和抗逆性较强，具有耐旱、耐涝、耐贫瘠和耐盐碱等特点，在不同土壤上均可种植。油莎豆作为新的粮油作物或新型非粮生物质能源，受到广泛关注。油莎豆自 20 世纪 50 年代由中国科学院植物研究所北京植物园从前苏联引进我国，后又在 1960 年从保加利亚引进油莎豆品种，在北京的植物园繁育试种成功。此后，在我国各地逐渐传播开来，目前我国多个省市均有栽培。虽然油莎豆自 20 世纪引入我国经数十年栽培推广，但实际上油莎豆在 2006 年才开始在我国大面积推广种植，据资料统计到目前为止油莎豆在我国的种植面积不超过 100 万亩，且种植地域分散。至今油莎豆在我国还没有形成产业化，这主要因为在油莎豆育种、栽培、收获、加工、推广等方面存在瓶颈问题还没有解决，阻碍了油莎豆产业化发展。

油莎豆大面积推广种植是在我国经济迅速发展和重视新能源开发利用的环境下，人们认识到油莎豆在食品和新能源的开发利用方面具有重要经济价值才得以推广。近年来，随着油莎豆的种植面积扩大，科学工作者对于油莎豆的栽培育种、收获机械、加工利用和理论研究才逐渐深入开展，在油莎豆栽培育种方面和利用油莎豆为原料在食品和新能源方面的研究成果不断出现。但到目前为止，无论在栽培育种还是在食品加工和新能源开发研究方面都没有系统研究，未形成较成熟的技术，因此在这些方面还有很多研究工作要做，另外对油莎豆的营养性和功能性还有待进一步深入研究。

随着油莎豆种植的兴起，科学工作者有责任承担服务“三农”的重任，为此作者撰写此书，旨在为农民和油莎豆加工企业提供较系统的栽培技术和深加工技术，使读者对油莎豆有深入了解。书中介绍的内容大部分为作者的研究成果，也有引自相关文献，将近年来国内外对油莎豆研究成果进行综合整理编著成书。本书较系统地阐述了油莎豆的植物分类、形态解剖、营养成分、生长习性、栽培

育种、精深加工和综合利用,同时对油莎豆产业化发展进行了探讨,提出了当前我国发展油莎豆产业化的瓶颈障碍及解决的建议。本书适用于专业人士和有志于油莎豆产业开发的企业参考借鉴。同时,也可作为科普读物适用于对油莎豆有兴趣的读者阅读。

本书各章节由下列人员执笔分工。

第一章概述:陈 星、张莉弘、刘 雷。

第二章油莎豆的生物学特性:陈 星。

第三章油莎豆的品种繁育与组织培养:陈丽娜、张莉弘。

第四章油莎豆栽培技术与病虫害的防治:陈 星、高长城。

第五章油莎豆加工特性与传统工业加工技术:陈 星、邹险峰、于淑艳。

第六章油莎豆加工新技术研究:陈 星、吴 琼、刘 雷。

第七章油莎豆产业化发展分析:陈 星、刘 博。

本书由陈星负责统稿、审订、修改、补充等工作。

本书中所涉及的成分、含量、浓度等以%表示的,一般均指质量分数(%)。

本书内容较多,涉及面广,因此在各方面的论述很难全面,书中差错在所难免,敬请广大读者和专家批评指正。

陈 星

2012 年

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 油莎豆的分类、形态解剖特征、产地分布	(1)
一、油莎豆的植物学分类	(1)
二、油莎豆的形态特征	(2)
三、油莎豆综合特点	(4)
四、油莎豆解剖学特征与组织分化	(5)
五、油莎豆的产地分布及在我国的栽培历史	(13)
第二节 油莎豆的营养成分	(16)
一、油莎豆中营养成分	(16)
二、油莎豆油的营养成分与理化性质	(21)
三、油莎豆淀粉的营养成分与理化性质	(23)
四、油莎豆糖的营养成分与理化性质	(27)
五、油莎草根营养成分与理化性质	(28)
第三节 油莎豆的用途与经济效益	(32)
一、油莎豆的医疗保健作用	(32)
二、油莎豆油的用途	(34)
三、油莎豆淀粉和糖的用途	(36)
四、油莎草的用途	(37)
五、油莎豆的经济效益	(38)
第二章 油莎豆的生物学特性	(41)
第一节 油莎豆的适应性与生长发育特性	(41)
一、油莎豆的物候期与生长发育特性	(41)
二、油莎豆的光周期	(46)
第二节 油莎豆生长与环境条件的关系	(56)

一、油莎豆生长与温度的关系	(56)
二、油莎豆生长与水分的关系	(57)
三、油莎豆生长与光照的关系	(58)
四、油莎豆生长与土壤的关系	(58)
五、油莎豆生长与施肥的关系	(59)
第三章 油莎豆的品种繁育与组织培养	(60)
第一节 油莎豆的品种繁育	(60)
一、油莎豆的品种	(60)
二、油莎豆品种繁育	(62)
三、油莎豆育种目标	(63)
四、油莎豆种植试验	(65)
第二节 油莎豆的组织培养技术	(68)
一、培养基和植物激素	(69)
二、油莎豆的组织培养	(70)
第四章 油莎豆栽培技术与病虫害的防治	(73)
第一节 油莎豆栽培技术	(73)
一、选地、整地与施基肥	(73)
二、播种前的准备	(74)
三、播种与田间管理	(77)
四、轮作、间作与套种	(80)
五、收获与贮藏	(80)
第二节 病虫害防治	(81)
一、病害防治	(81)
二、虫害防治	(81)
第五章 油莎豆加工特性与传统工业加工技术	(84)
第一节 油莎豆加工特性	(84)
一、油莎豆块茎吸水规律	(84)
二、油莎豆块茎浸泡后固形物流失情况	(85)
三、油莎豆块茎表皮对加工的影响	(85)
第二节 油莎豆加工传统工艺	(86)
一、油莎豆榨油工艺	(86)

二、油莎豆制饴糖工艺	(87)
三、油莎豆酿酒工艺	(87)
四、油莎豆制淀粉工艺	(88)
五、油莎豆风味小食品的制作	(88)
六、油莎豆制作糕点	(90)
第三节 油莎豆油脂工业生产技术	(91)
一、油莎豆预处理	(91)
二、油莎豆油脂压榨法加工技术	(95)
三、油莎豆油脂浸出法加工技术	(97)
第四节 油莎豆淀粉和饴糖工业生产技术	(100)
一、油莎豆淀粉工业生产技术	(100)
二、油莎豆饴糖工业生产技术	(102)
第五节 油莎草加工技术	(103)
一、青贮饲料	(103)
二、编织	(107)
三、造纸技术	(109)
第六章 油莎豆加工新技术研究	(113)
第一节 油莎豆油加工新技术	(113)
一、水酶法提取油莎豆油脂的研究	(113)
二、超声波辅助提取油莎豆油脂工艺研究	(117)
三、超声波辅助三相分离技术提取油莎豆油及淀粉的工艺研究	(122)
第二节 油莎豆淀粉、糖加工新技术	(125)
一、油莎豆淀粉提取工艺研究	(125)
二、油莎豆水溶性糖提取工艺研究	(130)
第三节 油莎豆食品加工新技术	(135)
一、添加油莎豆粉对蛋糕品质影响的研究	(135)
二、花生—油莎豆蛋白饮料的制造工艺研究	(140)
第四节 利用油莎豆油生产生物柴油技术	(145)
一、生物柴油的制备方法	(146)
二、油莎豆油生产生物柴油	(151)
第五节 油莎草根生产油莎草精油	(153)

第六节 油莎豆提取油、糖、淀粉专利技术·····	(154)
一、原料粉碎磨浆·····	(155)
二、分离与筛分提取淀粉·····	(155)
三、水酶法提取油脂·····	(155)
四、糖的萃取·····	(155)
第七章 油莎豆产业化发展分析·····	(160)
第一节 油莎豆产业化生产的瓶颈问题·····	(160)
一、油莎豆品种少、品质差、种植技术不成熟·····	(160)
二、油莎豆收获问题·····	(161)
三、生物的安全性·····	(161)
四、加工技术不成熟·····	(161)
五、企业对其商业化利益认识不清晰·····	(162)
第二节 油莎豆产业化发展策略·····	(162)
一、实施企业带动战略·····	(162)
二、加强育种和栽培技术研究·····	(163)
三、推广机械化收获·····	(163)
四、加强深加工技术研究和创新·····	(164)
五、油莎豆产业化瓶颈问题解决顺序·····	(164)

第一章 概述

第一节 油莎豆的分类、形态解剖特征、产地分布

一、油莎豆的植物学分类

油莎豆 (*Cyperus esculentus* L. var. *sativus*) 又名油莎草、铁荸荠、洋地栗、地下板栗、地下核桃, 同义词: *Cyperus esculentus* L. var. *sativus* Boeck.、*Cyperus melinorhizus* Delile、*Cyperus tuberosus* Pursh、*Pycneus esculentus* (L.) Haye, 属被子植物门单子叶植物纲莎草目莎草科 (Cyperaceae) 莎草属 (*Cyperus*) 多年生草本植物。该植物是一种优质、高产、综合利用价值很高的油、粮、牧、饲于一体的多用新型作物, 也是美化、绿化环境的观赏植物。其主要营养利用部分是地下块茎部分, 地上的青草部分也有很大的利用价值。油莎豆因地下块茎呈圆形或椭圆形豆状, 因此, 人们习惯对此植物也多称为油莎豆, 实际上按植物分类索引应为油莎草更为准确。油莎豆在农业上用分株和块茎繁殖, 作一年生作物栽培。

由于油莎豆在世界各地均有栽培, 因此, 各国对油莎豆名称叫法不同, 下面是各国对油莎草 (豆) 的称呼, 如彩色版图 1 所示。

中国: 油莎草 (you sha cao)、油莎豆 (you sha dou)。

丹麦: Chufanod、Fladaks、Jordmandler.

荷兰: Aardamandel、Tijgernoten.

英国: Chufa Sedge、Yellow Nutsedge、Tigernut Sedge 或 Earthalmond, 其块茎在英文中称作 Tigernut.

美国: Earth-almond、Rushnut (USA)、Ground almond、Tigernut、Yellow nut-grass (USA)、Yellow nutsedge、Yellow nut-sedge (USA)、Yellow nut sedge、Water-grass (USA)、Zulu nut.

芬兰: Maakastanja.

法国: Amande de terre、Choufa、Gland de terre、Noix tigrée、Souchet comestible、Souchet rampant、Souchet-sultan、Souchet tracant.

德国: Chufanub、Erdmandel、Erdmandelgras、Ebbares Zypergras.

意大利: Cipero dolce、Zigolo dolce、Zizzola terrestre.

波兰: Awaiting feedback.

葡萄牙: Chufa、Juncinha、Junquinha mansa.

俄罗斯: Awaiting feedback.

西班牙: Cebollín、Chufa、Juncia avellanada、Tubérculo de chufa.

瑞典: Mandelsäv、Jordmandel.

泰国: Haeo chin、Haeo thai (Central Thailand)、Ma niao (Northern Thailand).

日本: キハマスヶヨゲ (Kihamasuge)、ショウガヤツ (Shokuyou gayatsuri)。

尼泊尔: कशूर (Kashuur)。

二、油莎豆的形态特征

油莎豆是须根作物,分蘖多,在田间呈株丛生长,植株高20~100cm,根为须根系,根系发达,根线形,白色,长10~35cm,一般每个分蘖有须根50~70条,每条根上有很多根毛,大部分分布在0~20cm的表土层里。地下长有圆形或椭圆形褐色块茎,具节和鳞片,地下茎呈匍匐状水平斜向伸长。顶端膨大成块茎,每粒块茎均具数排环状叶节,并有芽点1~4个,研究表明,一个芽点占8.6%,两个芽点占67%,3个芽点占23%,4个芽点占3.3%,以2个芽点的块茎最多。如彩色版图2和彩色版图3所示,块茎长度一般1.2~2.5cm,宽度0.7~1.5cm,晒干后的块茎形状基本呈扁椭圆形,细分为月牙形、筒形、椭圆形、圆形、圆锥形等。地上茎直立,断面呈三棱形自地下块茎中长出,粗壮,高可达1m,由叶片包裹而成。叶互生于基部,叶狭线形,宽约0.3~1cm,为纤维质,表面光滑柔软,叶鞘淡褐色。少数植株开花,花为伞形花序,生于茎端,黄白色,其下有狭长的苞片,小穗多数,线形而扁,水平叉开,每穗有8~30朵花,鳞片卵形,黄褐色,瘦果长圆状三棱形灰褐色,被四片叶包围,每片叶之间夹角90度(图1-1、图1-2和图1-3)。

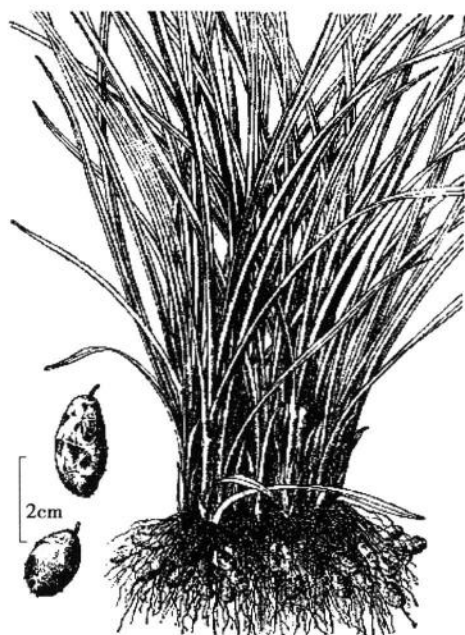


图 1-1 油莎草植株的外貌



图 1-2 油莎草的花序



图 1-3 油莎草块茎的形状

1. 月牙形 2. 筒形 3. 椭圆形 4. 圆形 5. 圆锥形

注：附图引自阜新市风沙地改良利用研究所编著的《油莎草》

三、油莎豆综合特点

1. 适应性强

油莎豆根系发达，分蘖强，抗旱耐涝，耐瘠薄，耐盐碱，易种易管，春夏季都可播种。除高寒地区外，全国各地均可种植，南方地区除水田种植较难收获外，荒滩坡地、旱地菜园、中幼龄果园、房前屋后都可以间套种。

2. 生长快，产量高

油莎豆地上茎叶部分可用作饲养牛、羊、兔、鹅、鱼等食草类动物的优质青饲料，全年可收 2~3 次鲜草。春播 667m^2 产块茎可达 $800 \sim 1\,200\text{kg}$ ，夏播可达 $600 \sim 800\text{kg}$ 。近年有报道，春播亩产块茎可达 $2\,000\text{kg}$ ，夏播可达 $1\,500\text{kg}$ 。

3. 综合利用价值高

油莎豆投入少产出高、综合利用前景好，是目前油料作物中地下块茎产量最高的品种，其块茎含油 $25\% \sim 30\%$ 、淀粉 $20\% \sim 25\%$ 、糖 $15\% \sim 20\%$ 、蛋白质 $13\% \sim 15\%$ 、维生素 $8\% \sim 14\%$ ，综合营养成分超过小麦和玉米。饼粕除作优质饲料外，还可制粉和酿酒，将其加工成糕点、糖果、饮料等。

4. 优质保健

油莎豆油脂属不干性油，油质优于花生油及芝麻油，是良好的保健食用油，符合国家食用油标准。长期食用对降低血脂，抑制心血管病和肌体代谢等病症有独特功效。其抗氧化性高于大豆油、菜籽油、花生油等。现今世界食品企业在油炸食品、方便面、饼干等均使用氢化油脂，由于氢化油脂含有反式脂肪酸对人体危害极大。因此，世界各国都在寻找替代油脂，油莎豆油脂就是目前最好的替代油脂。油莎豆中还含有蛋白质、淀粉、糖类、维生素等对人体有益的营养物质。

5. 利于保护生态环境

作为肥地改土的旱地经济绿肥种植，可覆盖遮阴，抑制杂草，防止水土流

失。并在整个生产过程中很少用农药，对农业生产环境和产品本身污染很小，可作为开发绿色、有机食品的理想品种。

6. 在工业和能源方面的应用

油莎豆油脂还是制造高级润滑油（如汽车、飞机、机床、机车等润滑）和生物柴油的原料。利用其油脂生产生物柴油，解决石油能源枯竭、环境污染等问题。油莎豆已是当今很有发展前途的新型油料多用作物，作为新型可再生能源种植油莎豆具有很好的市场前景和应用价值。

四、油莎豆解剖学特征与组织分化

植物解剖学是研究植物个体构造和个体发育规律的科学。只有了解了植物个体构造和个体发育规律才能对植物进行一系列的其他研究，如栽培、育种、加工等。油莎豆是我国引进的新型作物，其解剖学特征还没有人做这方面的工作，对油莎豆个体构造和个体发育规律未见研究报道。作者在这方面做了一些研究工作，对油莎豆的块茎、叶、根做切片解剖，利用显微镜观察油莎豆块茎中的后含物、叶片及根等细胞结构，阐述油莎豆细胞、组织和器官的显微结构。

1. 块茎中的后含物

细胞是生物体的基本单位。在细胞生长、分化过程中以及成熟后，由于新陈代谢的活动而产生了一些废物或贮藏物质，主要包括淀粉、单宁、蛋白质、脂类和结晶等，这些物质统称为后含物。细胞内的后含物几乎都有很大的经济价值，研究植物细胞后含物，常用的方法之一是显微化学方法，就是应用某种化学药剂处理，使其与细胞中的某种物质发生化学变化，从而产生特殊的显色反应，并通过显微镜直接鉴定。油莎豆的后含物中主要含有淀粉、脂类和糖，具有很大经济价值。

（1）淀粉

淀粉是一种普通的后含物，在质体中发育成为颗粒。高等植物中，淀粉是仅次于纤维的一种最丰富的碳水化合物。当光合作用时，在叶绿体中形成淀粉。后来它被水解成糖类，运输到植物的其他部分，再在那些部分由造粉体又重新合成了贮藏淀粉。

油莎豆淀粉主要储存在块茎里，将块茎切片，用稀释的 $I_2 - KI$ 染色后，制成临时装片，置于光学显微镜下观察，可见椭圆形大小不等的蓝紫色淀粉粒遍布油莎豆块茎薄壁细胞中，如彩色版图 4 和彩色版图 5 所示，在油莎豆块茎中淀粉含量占 20% ~ 25%。

淀粉在植物中的天然状态以淀粉颗粒的形式存在,淀粉粒是淀粉分子的聚集体。不同品种的淀粉在颗粒大小和形状方面存在差别,根据这种差别可确定淀粉的种类。从电镜扫描照片中可以清楚地看出,玉米淀粉的颗粒为多角形或圆形,粒径范围 $5\sim 26\mu\text{m}$,粒径大小较平均,油莎豆淀粉颗粒表面光滑,颗粒较大的呈卵形,较小的呈球形,粒径范围 $2\sim 15\mu\text{m}$,粒径大小相差很大如图1-4和图1-5所示。

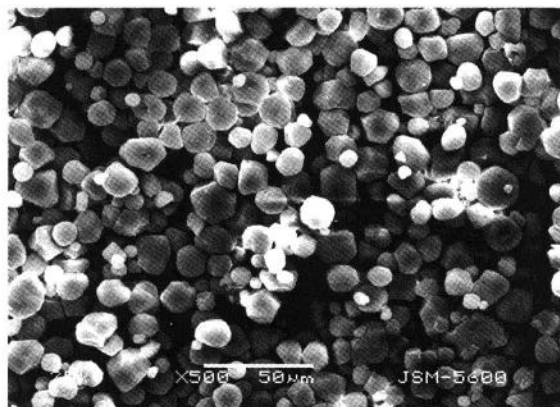


图1-4 玉米淀粉的电镜扫描照片

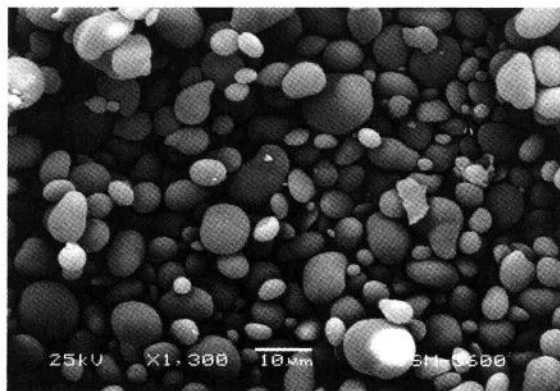


图1-5 油莎豆淀粉的电镜扫描照片

(2) 脂肪

油莎豆油脂主要储存在块茎细胞中,它们形成固体的或液体的小滴,分散在细胞质内,也可在质体中。它们可以形成造油体,或由单位膜包围成小的细胞

器——圆球体。脂肪和油滴可用苏丹Ⅲ或Ⅳ染成橙红色。

将油莎豆块茎，做成切片，滴加苏丹Ⅲ溶液，移至酒精灯上加热，促进着色，制成临时装片，置于光学显微镜下观察，如彩色版图6所示，可见到油莎豆块茎细胞内含有橘红色的圆球形的颗粒，即为油滴。细胞内油滴的含量和分布情况表明油莎豆块茎中含有较多的脂肪。块茎含油率25%~30%，油浅茶色，味香，可供食用。彩色版图7所示的是将油莎豆块茎，做成切片，分别用苏丹Ⅲ和 I_2-KI 染色后的光学显微镜照片，红黄色颗粒为脂肪，蓝色颗粒为淀粉。

2. 叶

取油莎豆叶片的下表皮制作临时装片，置于显微镜下观察，叶表皮包被着整个叶片的外围，表皮细胞为形状不规则的扁平细胞，侧壁凸凹不齐，彼此相互嵌合，紧密相连，没有间隙。在横切面上，表皮细胞为方形或长方形，表皮细胞中不具有叶绿体，如彩色版图8(a)所示。

在叶片的表面具有表皮附属物——表皮毛和气孔，表皮毛的存在加强了表皮的保护作用，主要是能减少水分的蒸腾以及保护植物免受动物的啃食。气孔成纵行排列。气孔是由两个肾脏形保卫细胞组成，两保卫细胞凹入的一面是相对的，中间的细胞壁中层溶解成为孔隙，即为气孔。叶片表皮还具有许多气孔，气孔与叶片的光合作用和蒸腾作用密切相关，如彩色版图8(b)所示。

油莎豆叶片横切显微照片表明，叶肉组织比较均一，不分化成栅栏组织和海绵组织，叶肉内的胞间隙较小，内含叶绿素。叶脉内的维管束是有限外韧维管束，在维管束与上下表皮之间有发达的厚壁组织。在上表皮还有一些特殊含水细胞，有较大的液泡，称为泡状细胞。在横切面上，泡状细胞的排列略呈扇形。

3. 根

将油莎豆块茎均匀地排列在含有少量水的培养皿中，然后放入温暖的地方，温度保持在20℃，培养生长，当根长到1~2cm，选择生长良好而直的幼根，用刀片从根处切下，放在载玻片上，盖上盖玻片，轻轻压碎，置于光学显微镜下观察油莎豆根纵切，表皮包在根成熟区的最外面，一部分表皮细胞的外壁延伸成根毛，见彩色版图10所示。皮层是由基本分生组织发育而成，它在表皮的内方占有相当大的部分，由多层薄壁细胞组成。维管束是内皮层以内的部分。

根冠位于根的前端，是保护根的顶端分生组织和帮助正在生长的根较顺利地穿越土壤，并减少损伤的结构。分生区是位于根冠内方的顶端分生组织。分生区不断地进行细胞分裂增生细胞，除一部分向前方发展，形成根冠，以补偿根冠因

受损伤而脱落外，大部分向后方发展，经过细胞的生长、分化、逐渐形成根的各种结构。伸长区位于分生区稍后方的部分，细胞分裂已逐渐停止，体积较大，细胞显著地沿根的长轴方向延伸。成熟区的细胞已停止伸长，且多数已分化成熟。成熟区紧接伸长区，表皮常产生根毛。伸长区和具有根毛的成熟区是根的吸收力量最强的部分。

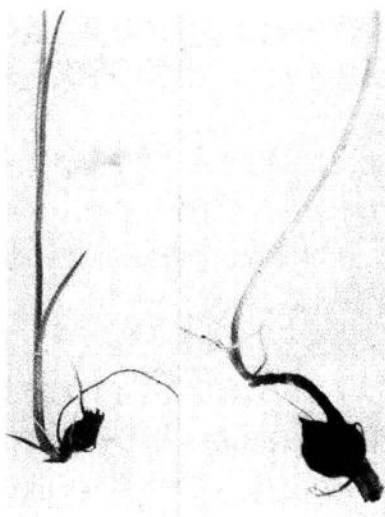


图 1-6 新基底鳞茎上带有地上枝条的油莎豆芽块

(左侧) 非常短的根茎上的基底鳞茎；

(右侧) 是具有 2cm 的根茎顶端的基底鳞茎

美国学者 Cheadle 和 Whitford 对单子叶植物中维管的解剖学研究后，推断在轴向结构的植株发育递增顺序是根（初级的）—地上茎—根茎—叶—花序轴—球茎和鳞茎（高级的），油莎豆并不产生典型的地上茎。因此，它繁殖的轴向发育顺序，即在块茎中未分化的轴分生组织—初级茎（根茎）—高级茎（新的基底鳞茎）。在生长旺盛期这个过程是反复不断的。美国学者 L. L. Jansen 对油莎豆形态进行了研究，结果表明，当第一个块茎发芽时，最先从它的顶端产生一个或多个根茎，稍后每个根茎生长的顶端膨大成基底鳞茎。研究中发现，从块茎上发育的上行根茎在形成基底鳞茎之前，将达到几厘米的长度或者很短，以至于显示出这基底鳞茎似乎从块茎上发育（图 1-6），在油莎豆中根茎起源于鳞茎的第一叶片的腋芽，或者换句话说，是这幼苗鳞茎的节点或者在次级鳞茎的先出叶的节