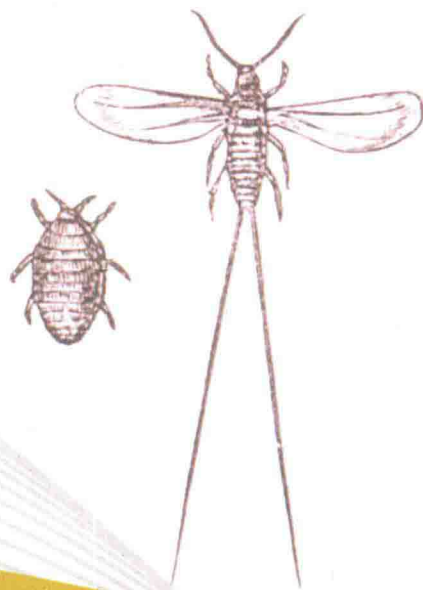


胭脂虫

高产培育技术

张忠和 冷 锋 陈海游 郑 华 杨光灿 著

YANZHICHONG
GAOCHAN PEIYU JISHU



科学出版社

胭脂虫高产培育技术

张忠和 冷 锋 陈海游 郑 华 杨光灿 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本著作是一部胭脂虫研究专著,集成了我国于2004年引入胭脂虫后在云南、贵州、四川等地进行培育试验近10年的研究成果。全书共8章:第1章主要介绍胭脂虫的经济价值、利用历史、目前国际上的生产及研究概况;第2章介绍胭脂虫形态、分类及生物学特性;第3章阐述温度、湿度、光照、降雨及天敌对胭脂虫生长发育的影响;第4章介绍胭脂虫的适生区域;第5章详细介绍胭脂虫高产培育技术;第6章主要阐述胭脂虫寄主仙人掌的形态、结构和功能、生理学、生态学及培育技术;第7章主要阐述胭脂虫与寄主仙人掌的相互作用关系;第8章介绍目前色素的利用情况及胭脂虫的加工技术研究情况。

本书可供科研工作者、大专院校学生、广大农民朋友及生产企业参考。

图书在版编目(CIP)数据

胭脂虫高产培育技术/张忠和等著. —北京:科学出版社, 2015.3

ISBN 978-7-03-043593-4

I. ①胭… II. ①张… III. ①胭脂虫—饲养管理 IV. ①S899.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第044853号

责任编辑:杨 岭 刘 琳/责任校对:宋玲玲

责任印制:余少力/封面设计:墨创文化

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

http://www.sciencep.com

成都创新包装印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2015年3月第一次印刷 印张:10.5

字数:250 000

定价:79.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

南美洲有一种资源昆虫——胭脂虫 (cochineal), 它是一种能生产天然红色素的珍贵资源昆虫, 属同翅目 (Homoptera) 粉蚧总科 (Pseudococcoidea) 洋红蚧科 (Dactylopiidae) 洋红蚧属 (*Dactylopius*), 原产于墨西哥和中美洲, 寄主为仙人掌类植物。胭脂虫含胭脂红酸 ($C_{22}H_{20}O_{13}$), 用其干体加工生产的胭脂红是优质的蒽醌类色素, 广泛地用于化妆品、食品、药品等多种行业, 国际市场价已达到 530 美元/kg。目前, 世界胭脂虫产量在 1000t 左右, 主产国是秘鲁, 年生产能力约为 800t, 出口量占世界总出口量的 80% 以上, 其次为加那利群岛, 南非、墨西哥、智利现也在大力发展胭脂虫产业。

就我国而言, 一方面无胭脂虫的天然分布, 每年需要花费大量外汇从国外进口胭脂虫红色素; 另一方面拥有大量不适宜其他树种但却适宜仙人掌生长的土地资源及丰富的气候资源, 如果在这些地方大量种植仙人掌并用以繁养胭脂虫, 不但可以绿化荒山、防止水土流失, 而且可以增加农民收入, 促进地方经济发展。因此, 引种胭脂虫成为我国许多昆虫学家的愿望。我国著名昆虫学家刘崇乐先生早在 20 世纪 60 年代就向国家有关部门建议将胭脂虫及其寄主植物引入到我国进行培育, 但由于多方面原因, 一直未能实现。随着我国改革开放程度越来越高, 国际交流与合作日益频繁, 引种胭脂虫的条件已基本成熟, 同时, 天然色素日益受到重视, 国外胭脂虫产业再度复兴, 价格上扬, 引种胭脂虫已势在必行。基于以上几方面的原因, 中国林业科学院资源昆虫研究所经过认真的调研, 决定从国外引入胭脂虫, 首先在自然、经济及社会基础较好的云南省进行繁养。于是在 1995 年从国外引入了胭脂虫的优良寄主——梨果仙人掌, 并于 2004 年从国外引入了胭脂虫的优良种虫, 在云南省多个地方进行保种扩繁, 并研究其生物生态学特性及丰产培育技术。经多年研究, 现已积累了一些颇具生产价值的研究成果。

本著作对国内外胭脂虫的研究状况进行了较为全面的归纳及阐述, 对胭脂虫的形态、分类、生物学特性及温度、湿度、光照等自然因子对该虫生长发育的影响、胭脂虫及其寄主仙人掌的丰产培育技术、胭脂虫红色素的加工技术等多方面开展的研究成果进行了较为全面的总结, 力求尽可能多地为有志于胭脂虫培育及加工生产的企业、山区百姓提供信息, 同时为科研、教学部门提供参考。

由于时间仓促, 书中不足之处在所难免, 恳请广大读者批评指正。

编 者

2015.2

目 录

第1章 绪论	1
1.1 胭脂虫及其经济价值	1
1.2 胭脂虫研究概况	4
1.2.1 形态学及分类学	4
1.2.2 生物学	4
1.2.3 生态学	4
1.2.4 培育	5
1.2.5 加工及利用	5
1.2.6 其他	5
第2章 胭脂虫形态、分类及生物学特性	6
2.1 胭脂虫形态	6
2.1.1 雌虫	6
2.1.2 雄虫	7
2.2 胭脂虫的分类	8
2.3 胭脂虫生物学	11
2.3.1 胭脂虫的生活周期	11
2.3.2 胭脂虫的行为特性	11
2.3.3 胭脂虫的生殖特性	13
第3章 生态因子对胭脂虫生长发育的影响	17
3.1 温度对胭脂虫生长发育的影响	17
3.1.1 温度对胭脂虫产卵及孵化的影响	17
3.1.2 温度对胭脂虫发育的影响	18
3.2 湿度对胭脂虫生长发育的影响	20
3.3 光照对胭脂虫生长发育的影响	21
3.4 降雨对胭脂虫生长发育的影响	22
3.5 胭脂虫的天敌	22
3.6 结论与讨论	24
第4章 胭脂虫的适生区域	25
4.1 试验设计	25
4.2 试验地介绍	25
4.2.1 北热带气候类型	25
4.2.2 南亚热带气候类型	26
4.2.3 中亚热带气候类型	26

4.2.4 南亚热带—北温带立体气候类型	27
4.3 材料与方法	27
4.3.1 供试材料	27
4.3.2 研究方法	28
4.4 结果与分析	28
4.4.1 不同气候类型胭脂虫培育情况	28
4.4.2 中亚热带不同环境胭脂虫培育情况	30
4.4.3 不同环境野外培育胭脂虫情况	30
4.5 云南省胭脂虫适生区区划	31
4.5.1 最适生区	31
4.5.2 次适生区	31
4.5.3 适生区	32
4.5.4 不适生区	32
4.6 结论与讨论	32
4.6.1 结论	32
4.6.2 讨论	32
第5章 胭脂虫高产培育技术	34
5.1 培育模式	34
5.1.1 种植培育模式	34
5.1.2 采摘茎片培育模式	36
5.1.3 其他地方培育试验	38
5.1.4 结论与讨论	39
5.2 胭脂虫高产培育技术	40
5.2.1 种植培育模式高产培育技术	40
5.2.2 采摘茎片培育模式高产培育技术	54
5.2.3 种虫采种及接种时间	73
5.2.4 不同种虫接种方法比较	76
第6章 胭脂虫寄主仙人掌	79
6.1 梨果仙人掌的形态	79
6.2 梨果仙人掌的结构和功能	79
6.3 生理学及生态学	81
6.4 仙人掌的培育	83
6.4.1 梨果仙人掌的培育方法	83
6.4.2 施肥对寄主仙人掌培育的影响	84
6.4.3 结论与讨论	90
第7章 胭脂虫与仙人掌相互作用关系	91
7.1 胭脂虫在寄主仙人掌上的分布	91
7.1.1 试验地概况	91

7.1.2 材料与方法	91
7.1.3 结果与分析	93
7.1.4 小结	95
7.2 胭脂虫寄生对仙人掌生长的影响	95
7.2.1 胭脂虫寄生对仙人掌株高的影响	97
7.2.2 胭脂虫寄生对仙人掌新增茎片数量的影响	98
7.2.3 胭脂虫寄生对仙人掌新增茎片面积的影响	98
7.2.4 胭脂虫寄生对仙人掌生长规律的影响	99
7.2.5 胭脂虫寄生与寄主营养及挥发物关系	100
7.3 仙人掌对胭脂虫生长发育的影响	106
7.3.1 材料与方法	106
7.3.2 结果与分析	107
7.3.3 小结	108
7.4 仙人掌对胭脂虫红色素含量的影响	109
7.4.1 材料与方法	109
7.4.2 结果与分析	110
第8章 胭脂虫加工	112
8.1 色素概况	112
8.2 国内外现状和技术发展趋势	116
8.2.1 国内现状	116
8.2.2 国外发展现状	116
8.2.3 技术发展趋势	117
8.3 胭脂虫成分测定	117
8.4 胭脂虫红色素提取	119
8.4.1 微波萃取胭脂虫红色素的研究	119
8.4.2 超声波法提取胭脂虫红色素的研究	122
8.4.3 硅胶柱层析纯化胭脂虫红色素	126
8.4.4 胭脂虫红色素的提取、分离、精制及色素加工的中试设备	128
参考文献	130
后记	144
彩图	145

第1章 绪 论

本章主要介绍胭脂虫的经济价值、利用历史、目前国际上的生产及研究概况。

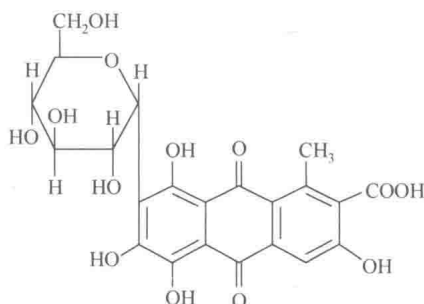
1.1 胭脂虫及其经济价值

胭脂虫很早就被人类所认识,15 世纪初,西班牙人征服墨西哥时,发现当地印第安人有一种具有几百年历史的染料工业,染料来源于一类寄生于仙人掌植物上的昆虫,这种染料主要能产生两种重要的颜色:深红色及浅红色。印第安人用这种染料对布料进行染色,其效果相当好,后来人们将这种染料称为胭脂红(carmine),将产生这种染料的昆虫命名为胭脂虫。

印第安人将胭脂虫分为两类:一类称为“真正胭脂虫”,当地也称为“grana fina”;另一类称为“野生胭脂虫”,当地又称为“grana silvestre”。“真正胭脂虫”是胭脂虫种类中最大的一种,其所含色素是其他种的 2 倍。后经分类学家进行分类,将“真正胭脂虫”命名为 *Dactylopius coccus* Costa,而将“野生胭脂虫”分别命名为其他 8 个种。从那时起,胭脂虫(*D. coccus*)就由于它的经济重要性而被人工培养及保护起来。为了在其他国家建立胭脂虫产业,西班牙人将寄主植物及胭脂虫引入到中南美洲及西班牙的部分地区。在十六七世纪,西班牙人在胭脂红工业中占有垄断地位,并制定了严厉的处罚措施,以防止将活体材料走私到其他非西班牙殖民地国家中。然而,胭脂虫后来还是被引入其他国家,如秘鲁、澳大利亚、印度、南非、斯里兰卡等(De Lotto, 1974; Gema and Michael, 1992; Cloudsley, 1986)。1793 年以后,胭脂红显得非常重要,常常是粗布用茜草染料染色,而好的布料用胭脂红染色,胭脂红染料的价格通常是黄色和淡蓝色染料的 3 倍多,胭脂红染料能保持其品质至少 130 年(Gema and Michael, 1992)。

1818 年,人们分离出胭脂红中的有效物质——胭脂红酸(carminic acid),胭脂红酸为蒽醌类中一种含蛋白质的糖苷,易溶于水,颜色随 pH 变化而变化,在酸性介质中为橙色,当 pH 为 5~7 时,颜色从紫色变为红色。对光、热、氧具有良好的稳定性。低剂量使用水平下对人体无毒害作用。这种物质在动物界很稀少,仅有一些蚱蜢虫如 *Dactylopius coccus* (洋红蚱,产胭脂红酸)、*Kermococcus ilicis* (红蚱,产胭脂酮酸)、*Laccifer lacca* (紫胶蚱,产紫胶红色素)生产。在用锡或铝等媒染剂(媒染剂是染色中用来固定颜色的物质)对胭脂红酸进行处理即可得到胭脂红,胭脂红含胭脂红酸 40%~60%,是服装、化妆品、食品及药品着色的主要物质,它能在毛线和丝绸上产生很漂亮的深红色、粉红色、浅红色,但在棉布上却不是一种好的染料。在化妆品中主要用于制作口红。在食品工业中能与甜菜苷和花青苷相媲美,其主要的限制是在低 pH 下不能溶解,一般用于饮料、酒、面包制品、乳制品、糖果、泡菜中,含量为 0.1%~0.5%。另外,胭脂红少量用于画家绘画着色及生物标本制作。现在胭脂红酸及胭脂红在北美和西欧已得到认可及广泛利用,但个别欧洲国

家对其在食品及饮料中的应用范围及剂量水平进行了限定 (Gema and Michael, 1992)。胭脂红酸的结构式 ($C_{22}H_{20}O_{13}$) 如下:



随着人类社会的发展, 色素特别是天然色素的利用越来越多, 胭脂虫红色素在食品着色、染料、化妆品等行业的用量越来越大, 并发展成为一种颇具规模的产业。但是, 后来人工合成的煤焦油类染料出现, 由于其成本低廉, 很快占领了染料色素市场, 天然色素的价格一落千丈, 胭脂虫业迅速衰退 (庄馥萃, 1995)。

然而, 后来发现煤焦油类染料对人类健康具有毒害作用, 有的甚至有致癌作用, 因而被许多国家明令禁止使用, 如现在世界上应用最广泛、用量最大的化学合成色素——合成胭脂虫红色素 (又称丽春红 4R, 化学式为 $C_{20}H_{11}O_{10}N_3S_3Na_3$), 由于高剂量喂雌鼠已呈现明显不良反应, 在美国已被禁止在各行业使用, 因此, 天然色素又以其特有的品质受到人们的青睐, 特别是近几年, 随着“回归自然”热的兴起, 西方食品商不断推出含有天然色素的加工食品, 天然色素市场大幅度上升, 价格空前上涨。目前各种天然色素在世界市场中的年销售额估计已达几十亿美元, 虽然天然红色素可由多种物质提取, 但仍远不能满足市场需求, 胭脂红作为一种优质的天然红色素, 需求剧增, 价格日高, 当前胭脂红的国际市场价已达到 530 美元/kg, 促使胭脂虫业再度兴起 (庄馥萃, 1995; Rodriguez, 1988; Brutsch and Zimmermann, 1993)。

世界上仅有少数几个国家在饲养胭脂虫, 这些国家的生活水平都比较低。目前胭脂虫的主产国是秘鲁, 年生产能力为 800t 左右, 出口量占世界总出口量的 80% 以上, 其次为加那利群岛, 南非、墨西哥、智利、玻利维亚等也在大力发展胭脂虫产业。胭脂虫干虫的价格一直不稳定, 一度曾达到 60 美元/kg, 20 世纪 70 年代末期, 秘鲁的离岸价格稳定在 20 美元/kg, 后来涨到 60 美元/kg, 但很快跌到 20 美元/kg, 现基本稳定在 13 美元/kg。欧洲、日本和美国是胭脂虫的主要购买国家和地区, 秘鲁也利用其干虫产量的一半来生产胭脂红 (Gema and Michael, 1992; Anand, 1983)。

除 *D. coccus* 外, 胭脂虫其他 8 个种虽然都含有胭脂红酸, 但由于个体比较小、胭脂红酸含量低且外被有蜡被、加工中不易去除等缺点, 生产中一般不进行培育用以制取胭脂红酸。但这些种却能用来防治已成为杂草的仙人掌, 由于胭脂虫取食时所带的外源体、病毒或毒素能导致仙人掌的死亡, 因此是生物防治仙人掌、特别是有刺型野生仙人掌杂草的理想材料。大约在 17 世纪, 欧洲人在好望角定居时, 将梨果仙人掌 [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill] 引入南非种植, 由于气候条件适宜, 梨果仙人掌的发展很快, 但是因为缺乏有效的管理, 仙人掌杂乱恣意地生长而变得无法利用, 反而成为了杂草, 60

年前,已经侵占了约 900 000hm²的草场,主要是南非的东好望角和卡鲁地区,成为牧场的一种很重要的杂草,被当地政府列为九大杂草之一,禁止出售和运输各种繁殖体,以防止其传播扩散,同时采取了很多机械措施及除草剂加以控制,但未取得明显效果。1932年在澳大利亚昆虫学家研究的基础上,引入了4种昆虫进行了生物防治尝试并取得极大成功,其中胭脂虫的防治效果最为明显,可控制大约75%的仙人掌,特别是 *D. opuntiae* 在1937年引入南非后,使750 000hm²的仙人掌林得到有效控制。尽管如此,1990年南非仍有近100 000hm²的草场被仙人掌侵占,有近8000hm²的草场由于仙人掌密度太大,防治成本太高而无法进行防治 (Annecke and Moran 1978; Zimmermann and Moran, 1982, 1991; Zimmermann, 1990; Brutsch and Zimmermann, 1993)。新南威尔士也用 *D. coccus* 来防治有刺型仙人掌 (Maguire, 1997)。

胭脂虫有对人类社会有利的一方面,但同时也存在着不利的地方,具体体现在,当人们不是以培育胭脂虫来生产胭脂虫红色素或利用胭脂虫来防治仙人掌为目的,而是以生产仙人掌的果实(仙桃)或茎片为目的时,胭脂虫就会破坏目的作物,使仙人掌果实和茎片大量减产,从而成为一种害虫,需要进行防治 (Zimmermann and Moran, 1991)。

天然胭脂虫红色素是全球极具经济价值的特色生物资源产品,因主要产自拉丁美洲、加那利群岛、南非等地,而进口国主要是美、日、欧等发达国家和地区,所以在国际市场上是供不应求的天然产物。其价格随主成分胭脂(虫)红酸的含量高低而异,1997年,试剂级高纯度胭脂(虫)红酸价格为:美国1010.20美元/5g,日本6000~20 000日元/kg(色价80,年消费量120t)。胭脂(虫)红酸含量大于50%的胭脂虫红铝价格为:美国58.6美元/25g(试剂级,1997年),日本13 000~80 000日元/kg(1993年)。近年来,胭脂虫红色素产品价格虽有波动,但仍保持较高水平,如德国ABCRC公司的高纯度胭脂(虫)红酸价格为370欧元/10g,含50%胭脂(虫)红酸的色素产品价格为12.90欧元/5g或58.10欧元/25g,而胭脂虫红铝价格为20.50欧元/25g或81.80欧元/100g(2002年)。

我国目前还没有胭脂虫原料及胭脂虫红色素的规模化生产,但有的生产经营色素的公司从国外进口胭脂虫红色素到国内销售,现国内市场上含量为50%的胭脂虫红色素的售价为1380元/kg,含量为52%的胭脂虫红色素售价为1400元/kg。

据统计,日本每年对红色素的需求量保持在120t以上水平,相对而言,欧洲、美国的需求量更大,估计目前国际上对胭脂虫红色素的需求量在500t以上,国际市场上胭脂虫原料总产量约为1000t,产值10亿人民币以上,而目前胭脂虫红色素的产量在300t左右,远不能满足国际市场的需求。现阶段我国还没有胭脂虫及胭脂虫红色素的生产,所需的胭脂虫红色素全部依靠进口,如果我国能实现胭脂虫和胭脂虫红色素的自主生产,必将对进口的胭脂虫红色素形成巨大冲击,为国家节约大量外汇。

我国拥有大量不适宜其他树种但却适宜仙人掌生长的土地资源及丰富的气候资源,特别是在我国西南部的云南、贵州、广西、四川等干旱半干旱地区,分布着大面积的石漠化山地,这些地方造林极其困难,但这些地方却适宜种植仙人掌,针对这些地区的生态经济特点,采取因地制宜的营林措施,建立石漠化地区仙人掌生态经济林营建模式,在这些地方大量种植仙人掌并用以繁养胭脂虫,不仅可以绿化荒山、防止水土流失、治理石漠化,而且可以增加农民收入,促进地方经济发展。

1.2 胭脂虫研究概况

1.2.1 形态学及分类学

林奈(1758)将商业用的胭脂虫种命名为 *Coccus cacti*。Costa(1835)将它放入 *Dactylopius* 中。Green(1912)将该科的所有种都归到 *Coccus* 中。Ferris(1955)在北美鉴定了4个种,并绘图及作了简要的描述。Mann(1969)鉴定了7个种,并对每个种的分布及寄主种类进行了描述,但没有作图,有些种被后来的学者认为是同一个种。De Lotto(1974)将洋红蚧科归结为1个属9个种,其中5个种是以前已经描述过的,另外4个种是他命名的新种,他对这4个种都绘图并作了详尽的描述。Karny(1972)对9种胭脂虫(其中4种为新种)的形态、命名、寄主、产地等进行了详细的研究。Moran(1981)对洋红蚧属的9个种(原产地均为新大陆)进行了形态描述。Macgregor和Sampedro(1983)对洋红蚧科进行编目,并描述了5种胭脂虫。Guerra(1992)对洋红蚧属的9个种的雌成虫重新进行描述,并绘图,同时就形态上的亲缘关系进行了探讨,并提出了洋红蚧属的系统发育图谱。现大多数期刊以De Lotto的分类为标准。

1.2.2 生物学

Marin和Cisneros(1977)对 *D. coccus* 的各个发育阶段进行了系统的描述,认为在16.5℃及80%~86%相对湿度条件下,该昆虫卵在15~20min内孵化,若虫2d后开始移动,固定后20~23d蜕皮,2龄雄若虫虫期为13~18d,然后结茧化蛹,18~22d后羽化,2龄雌若虫蜕皮后直接进入成虫期,雌成虫平均产卵419粒(293~586粒/雌虫),成虫期为3d,从卵到成虫死亡51~63d。Moran(1981)提出了洋红蚧属9个种的生活史概况。Gilreath和Smith(1987)系统地研究了 *D. confusus* 的生活史、生殖力,该虫在26℃时每雌产卵618粒,22℃则为413粒,相应的孵化数分别为201粒和141粒,世代历期分别为61d和88d。Zimmermann和Moran(1982)研究了 *D. opuntiae* 及 *D. austrinus* 两个种的扩散情况。Guerra(1992)对 *D. coccus* 的各个发育阶段、生殖情况、扩散等也进行了研究。Haro(1996)对 *D. ceylonicus* 进行了系统的描述。

1.2.3 生态学

Hosking(1984)研究了温度对 *D. austrinus* 种群增长的影响,该虫雌虫发育的低限为15.6℃,在32℃时发育最快,在20~30℃,发育与温度成正比,在30℃时种群增长最快。Moran和Hoffermann(1987)研究了模拟降雨和自然降雨对 *D. opuntiae* 种群分布及存活的影响,认为降雨极大地减少了胭脂虫的种群数量,但对其在仙人掌上的分布并没有显著的影响,解释了降雨多的地区胭脂虫培育效果较差的原因。Gilreath和Smith(1987)研究了 *D. confusus* 的实验种群生命表、繁殖力表及存活曲线,认为该种的存活曲线介于I类和II类曲线之间。Sullivan(1990)对 *D. ceylonicus* 在18℃、22℃、26℃、

30℃、34℃时的发育、存活、繁殖、性比及种群增长进行了研究,认为该虫在 16.7℃开始发育,近 30℃时发育最快,其发育、存活及繁殖的理想温度为 26~30℃。Guerra (1992) 对 *D. confusus* 的扩散、影响其发育的各因子及经济重要性进行了研究,同时对寄主的适合性及抗性进行了研究,认为在 *O. ficus-indica* Mill 和 *O. jaliscana* Bravo 上胭脂虫的生长最好,而 *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck 对胭脂虫具有抗性。Alvarez 等 (1996) 对 *D. coccus* 的研究认为,该虫的总积温为 2025.5 日·度。Gema 和 Michael (1992) 研究认为, *D. coccus* 的主要天敌有:七星瓢虫 [*Coccinella septempunctata* (L.)]、隐唇瓢虫 (*Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant)、黄足光瓢虫 (*Exochomus flavipes* Thunberg)、小毛瓢虫 (*Scymnus* sp.)、显盾瓢虫 (*Hyperaspis trifurcata* Schaeffer)、巴食蚜蝇 (*Baccha* sp.)、潜蝇 (*Leucopis bellula* Williston)、褐蛉 (*Hemerobius amicus* Fitch)、异食蚜蝇 (*Allograpta* sp.) 等。Moran (1981) 研究表明 *Dactylopius* 的各个种均未发现寄生生物。

1.2.4 培育

在秘鲁和加那利群岛,传统的养殖胭脂虫的方法是在野外培养,在南非的某些地方,如好望角的西北部,也用此法,因为那里具有适宜的气候条件。但是,在好望角的东部,由于雨水多、暴雨频繁及季节性降雨,在野外培育胭脂虫是不可行的。为克服这种气候条件的限制,现采用了一种新的培育方法,这种最普遍适用的方法是在房屋内利用采回的仙人掌茎片饲养胭脂虫,即在健康、成熟及顶部的仙人掌茎片接种上胭脂虫雌成虫,用钩子悬挂于约 90m² 的大棚内养殖。在夏天约 3 个月,冬天约 5 个月后,就可以采收成熟的雌成虫,采虫时用压缩气体喷气器械将胭脂虫吹入容器内,采收后将虫体整理干净、过筛、分级,留下部分雌成虫用于繁殖后代,其余的在 60℃下干燥 2d 后保存,以供出口。用这种方法每棚每年可产干虫体约 75kg,按现在市场价 20 美元/kg 计算,收入可达 1500 美元,每公顷仙人掌的茎片可供 3~4 个棚使用。现在各国都在进行增加单位茎片胭脂虫产量的研究 (Zimmermann, 1995)。

1.2.5 加工及利用

Maruszcwska 和 Gertig (1978) 对蔬菜类、无机类和合成类的食品染色剂,其中包括胭脂虫红色素,进行了简要的评述。Walker (1982) 报道了在酒中加入胭脂虫红色素进行调色。Russo 和 Mazzeo (1996) 对胭脂虫红色素作为染色剂的基本成分在食品、化妆品、制药业中应用得越来越多进行了报道。Joshi 和 Lambdin (1996) 对 *D. confusus* 血细胞的超微结构及其在胭脂红染料合成中的作用进行了研究。Ziegler 等 (1996) 利用超离心方法从 *D. confusus* 的卵及雌虫血液中分离出一种新型的聚合卵黄蛋白。

1.2.6 其他

除以上所述,国外还研究了由胭脂虫红色素引起的过敏反应 (Dietemann et al., 1991)、化学防治胭脂虫的方法 (因其减少了无刺型仙人掌的结实量) (Burger, 1972) 等,并对胭脂虫红色素的产品、产量、出口情况、市场、价格及关税等进行了统计 (Anand, 1983)。

第2章 胭脂虫形态、分类及生物学特性

由于我国无胭脂虫的自然分布，因此在2004年胭脂虫引进之前，我国没有胭脂虫形态及分类方面的研究，这方面的研究主要为外国学者进行，本章主要在参阅、整理国外文献的基础上，结合自身开展的部分观察、研究工作，对胭脂虫的形态、分类及生物学特性进行阐述。

2.1 胭脂虫形态

2.1.1 雌虫

1. 成虫

体形：雌成虫体卵形或球形，体被白色蜡粉（如 *D. coccus*）或长的白色蜡丝（如其他胭脂虫种类），去蜡后，虫体呈紫红色。

分节：头部和胸部愈合，无明显的节，腹部分10节，阴门开口于第8节与第9节腹面中央，肛环位于第10节背面。

背面：雌成虫背面有很多腺孔，不同类型腺孔的结构和分布是洋红蚧科分类的基础，所有的腺孔均为5分室类型，形状为五角形，具5个小室。腺孔分为两类，即窄边孔和宽边孔。窄边孔具一个窄的、没有硬化的边，而宽边孔具有一个宽的、硬化的边。宽边孔常分布于背面和腹部侧面，有时单个存在，但常常是2~30个孔集聚成群，最大的群通常是在最后腹节，特别是在边缘上。刚毛的形状和长度不一，有具秃顶或圆顶的圆柱形刚毛，也有具尖顶的头发状刚毛，通常情况下，刚毛越朝头部越小，但有些种刚毛都是一样大小的。刚毛的形状和分布是分类的一个重要特征。肛环位于第9腹节背面，前半部分硬化，后半部分不硬化，除 *D. tomentosus* 外其他种肛环都比较明显。

腹面：复眼位于腹面上，锥形，大，突出。无单眼。触角常较短，6或7节，有的种第3节和第4节分节不明显，第2节和第3节间有1感应孔。口器硬化，位于腹面，常有一五角形基部，支撑上颚及上颌骨，下唇3节，呈三角形，有9对短的头发状刚毛。足在若虫期发达，成虫期缩短、退化，基节着生有一些小的刺状突起或叫微刺，转节有4个感应孔（背、腹面各2个），腿节大，胫节和跗节比腿节短。爪常无齿，顶部着生有2指。前气门和后气门都较大，硬化。窄边孔仅分布在腹部中央，单个或成群，最后腹节最多。阴门是雌虫生殖器的开口，仅存在雌成虫腹部的腹面，为一横向的口。

2. 卵

卵亮红色，卵形，光滑，0.4~0.7mm长，0.2~0.3mm宽。

3. 1 龄若虫

1 龄若虫分两个阶段, 第一阶段为活动阶段, 称为爬虫, 约 1.0mm 长, 0.5mm 宽, 体暗红色, 足发达, 触角 6 节, 第 3 节最长, 复眼黑色。第二阶段为固定阶段, 若虫的体形比爬虫稍大, 逐渐有白色的蜡粉或直立蜡丝出现。

4. 2 龄若虫

1 龄若虫经蜕皮后成为 2 龄若虫, 2 龄若虫比 1 龄若虫稍大, 从外观上看, 2 龄若虫与 1 龄若虫的主要区别在于: 2 龄若虫体被白色蜡粉或蜡被, 而没有直立蜡丝。2 龄雌若虫再经一次蜕皮即成为雌成虫。

2.1.2 雄虫

1. 成虫

雄成虫体暗红色, 比雌成虫小, 约 3.0mm 长, 1.3mm 宽。触角发育良好, 丝状。头、胸部间有一短颈。具一对前翅, 两翅间距约 5.0mm, 后翅退化为平衡棒。腹部有两条白色的尾丝, 约与身体等长。

2. 卵

从形态上看, 同一种胭脂虫的卵无差异, 不能分辨出雌卵和雄卵。

3. 1 龄幼虫

外形上, 1 龄雄幼虫与 1 龄雌若虫相似, 主要的差异在于它们的行为和分泌的蜡丝上, 雄虫只爬到离母体不远的地方, 而雌虫爬行的距离更远, 另外, 1 龄雄幼虫分泌的蜡丝要短而少。

4. 2 龄幼虫

2 龄雄幼虫外形与雌虫相似, 只是略为大一些。

5. 前蛹

第 1 次蜕皮后不久, 2 龄幼虫即开始用白色的蜡丝形成一圆柱形茧, 这个茧在外端有开口, 约 2.5mm 长, 2 龄幼虫在茧内经蜕皮后发育成为前蛹, 头、胸、腹模糊出现, 中胸侧面有一突起, 翅即从此处形成。

6. 蛹

前蛹在茧内再一次蜕皮后即形成蛹, 在蛹期身体分节更加明显, 足、触角、翅基本形成。剥开茧后, 蛹为红褐色。

D. coccus 不同虫态见彩图 1; *D. coccus* 的产卵及孵化过程见彩图 2。

2.2 胭脂虫的分类

林奈(1758)将商业用的胭脂虫种命名为 *Coccus cacti*。Costa(1835)将它放入 *Dactylopius* 中。Green(1912)将 *Dactylopidae* 科的所有种都归到 *Coccus* 中。Ferris(1955)在北美鉴定了4个种,并绘图及作了简要的描述。Mann(1969)鉴定了7个种,并对每个种的分布及寄主种类进行了描述,但没有作图,有些种被后来的学者认为是同一个种。Karny(1972)对胭脂虫的3个种进行了比较研究,认为这3个种在生物学、行为、寄主适应性及形态上存在着明显的差异,为3个不同的种,其中一个为 *D. indicus* Green,但其他两个种则没有命名。De Lotto(1974)将胭脂虫归为洋红蚧科(*Dactylopidae*)洋红蚧属(*Dactylopius*),洋红蚧科仅包含洋红蚧属1个属,该属含9个种,其中5个种是以前已经描述过的,另外4个种是他命名的新种,他对这4个种都绘图并作了详尽的描述[注:我国对 *Dactylopidae* 一词的翻译不统一,在萧刚柔主编的《拉英汉昆虫、蜚蠊、蜘蛛、线虫名称》上翻译为“胭脂蚧科”,但在郑乐怡、归鸿主编的《昆虫分类》(上)中将其翻译为“洋红蚧科”,这里用“洋红蚧科”]。Karny(1972)对9种胭脂虫的形态、命名、寄主、产地等进行了详细的研究。Moran(1981)对洋红蚧属的9个种进行了形态描述。Macgregor和Sampedro(1983)对洋红蚧科进行了编目,并描述了5种胭脂虫。Guerra(1992)对洋红蚧属的9个种的雌成虫重新进行了描述,并绘了图,同时就形态上的亲缘关系进行了探讨,并提出了洋红蚧属的系统发育图谱。现大多数期刊以De Lotto(1974)的分类为标准,按该分类成果,目前世界上的胭脂虫共分为9种,分别是:
Dactylopius tomentosus (Lamarck); *Dactylopius coccus* (Costa); *Dactylopius confusus* (Cockerell); *Dactylopius ceylonicus* (Green); *Dactylopius opuntiae* (Cockerell); *Dactylopius austrinus* (De Lotto); *Dactylopius confertus* (De Lotto); *Dactylopius salmianus* (De Lotto); *Dactylopius zimmermanni* (De Lotto)。

其中最具利用价值的是 *Dactylopius coccus* Costa, 因其是胭脂虫中个体最大的一种,所含色素是其他种的2倍(Gema and Michael, 1992),并且只有这个种体表为白色蜡粉,当收获并进行晒干处理时,蜡粉即脱落,而其他种被有一层蜡丝,加工处理时去蜡比较困难。

洋红蚧科与其他科蚧虫的差别在于其体液含红色素,并且只寄生在仙人掌科植物上。在杨冠煌主编的《中国昆虫资源利用和产业化》第7节中曾将我国内蒙古发现的“胭脂蚧”称为胭脂虫,实际上这一类蚧虫并非国外培育利用的胭脂虫,其属于珠蚧科(*Margarodidae*),胭脂蚧属(*Porphyrophora*),寄主为豆科、蔷薇科及禾本科植物(郑乐怡和归鸿, 1999; 杨冠煌, 1998)。

De Lotto 编制的洋红蚧属分类检索表如下。

洋红蚧属 9 个种的雌成虫分类检索表

1. 宽边孔群通常无管(除 *coccus* 偶有1管外)2
宽边孔群常与1个或多个管相连接3
2. 头、胸及第1腹节腹部的亚侧面有单个的曲形管,气门孔边缘有小齿,窄边孔主要在最后3或4腹节的中部,绝大多数背面刚毛有秃的或圆形的顶,体小,0.8~2.5mm长,体被脆弱蜡丝 *salmianus*

- 最后腹节仅有极少数具1管的宽边孔群, 气门孔具平滑边缘, 无窄边孔, 几乎无毛发状刚毛, 体大, 4~6mm长, 体被蜡粉 *coccus*
3. 中胸腹面具宽边孔群, 窄边孔仅在腹节腹面, 最后4、5腹节最多, 刚毛不多, 朝最后腹节越来越大 *confertus*
中胸腹面无宽边孔群 4
4. 第3或第4腹节腹面中部宽边孔群成列, 背面刚毛在腹节上大而密, 越朝头部越少且越小, 零星分布 *austrinus*
第3或第4腹节腹面中部宽边孔群不成列 5
5. 腹面边缘有2或3组不同大小的秃顶或圆顶刚毛, 胸腹部的中部或亚中部大刚毛形成2列纵列, 肛环退化 *tomentosus*
秃顶或圆顶刚毛不成组或列, 肛环发育良好 6
6. 除少数最后3、4腹节的刚毛较大外, 所有背面的秃顶和圆顶刚毛的大小基本一致 7
一些背面的秃顶和圆顶刚毛在最后3、4腹节比其他刚毛大得多 8
7. 背面大的秃顶和圆顶刚毛长度比刚毛基部直径大得多, 长21.5~24.0 μ m, 直径14.0~16.5 μ m, 最后3腹节腹面窄边孔很多 *opuntiae*
背面大的秃顶和圆顶刚毛长度与刚毛基部直径几乎等长, 长37.5~42.5 μ m, 直径30.0~32.5 μ m, 最后4腹节腹面窄边孔很多 *ceylonicus*
8. 大的秃顶和圆顶刚毛遍布全身, 气门孔具平滑边缘, 雌虫体长3mm, 现仅存于阿根廷, 仅寄生于 *Tephrocactus* 上 *zimmermanni*
大的秃顶和圆顶刚毛仅在最后3(或4)腹节上, 气门孔边缘具微齿, 雌虫体约2mm长, 分布于很多国家及很多不同寄主上 *confusus*

洋红蚧属各个种的形态特征见表2-1。

表2-1 胭脂虫的分类 (De Lotto, 1974)

种名	形态特征 (雌成虫)		
	外形	背面	腹面
<i>Dactylopius austrinus</i> De Lotto	体卵形, 3.0~4.5mm长, 2.0~3.2mm宽, 呈明亮红褐色, 全体被棉花状物质	宽边孔成群, 头部14~20群, 每群3~4孔, 胸部150~220群, 绝大多数群具3、4或5孔, 腹部110~220群, 每群多达20孔。全身刚毛不是很多, 最后腹节最多也最大, 越到头部刚毛越小、越稀。肛环椭圆形, 240~418 μ m宽, 170~220 μ m长, 具25~30宽边孔群, 每群多的达12孔	复眼直径85~88 μ m, 两复眼距492~960 μ m。触角6节, 极少7节, 190~383 μ m长, 触角间距121~332 μ m。下唇瓣3节, 200~486 μ m长, 300~467 μ m宽。足短而细, 爪常无齿。刚毛同背面
<i>D. ceylonicus</i> (Green)	体圆形, 深紫褐色, 2.3~4.0mm长, 1.5~3.5mm宽, 密被白色蜡丝	宽边孔单独或成群, 头部14~15群, 多数2或3孔, 胸部中央70~100群, 绝大多数群具2、3或4孔, 腹部120~150群, 每群多达8孔。全身刚毛很多, 均匀分布, 刚毛短, 柱状, 秃顶, 基部膨大, 头部刚毛比腹部小。肛环椭圆形, 124~192 μ m宽, 83~116 μ m长, 周边有刚毛	复眼直径37.5~59.5 μ m, 两复眼距380~533 μ m。触角6节, 短, 119~195 μ m长, 触角间距85~175 μ m。下唇瓣三角形, 99~180 μ m长, 119~170 μ m宽。足短而粗, 爪常无齿。刚毛同背面
<i>D. coccus</i> (Costa)	体球形, 暗紫红色, 4.0~6.0mm长, 3.0~4.5mm宽, 3.8~4.2mm高, 重达40~47mg, 体密被白色蜡粉	宽边孔常成群, 头部30~37群, 每群多达15孔, 胸部90~130群, 每群具25或30孔, 腹部约100群, 每群多达30孔。全身刚毛稀少, 最后腹节较多, 头胸部刚毛顶细, 腹部的秃。肛环宽椭圆形, 180~270 μ m宽, 155~164 μ m长, 周边具25~30宽边孔群及少数刚毛	复眼直径39.5~46.5 μ m, 两复眼距1.5~2.5mm。触角7节, 242~330 μ m长, 有的个体3、4节分节不明显, 触角间距283~290 μ m。下唇瓣三角形, 3节, 256~302 μ m长, 147~189 μ m宽。足短而粗, 爪常无齿。刚毛同背面, 稀少
<i>D. confertus</i> (De Lotto)	体卵形, 1.5~2.5mm长, 1.1~1.8mm宽	宽边孔单个或成群, 头部7~15群, 每群2~11孔, 胸部85~170群, 每群具2~19孔, 腹部约200群, 每群多达20孔。全身刚毛稀少, 圆柱形或毛发形, 最后腹节刚毛较大, 头胸部的小。肛环椭圆形, 104~123 μ m宽, 43~92.2 μ m长, 周边具8~20宽边孔群及极少数刚毛	复眼直径42.8~49.9 μ m, 两复眼距154~565 μ m。触角7节, 92.8~159 μ m长, 5、6节分节不明显, 触角间距73.8~246 μ m。下唇瓣3节, 135~159 μ m长, 104~209 μ m宽。足短而粗, 有的个体爪有小齿。刚毛同背面

续表

种名	形态特征（雌成虫）		
	外形	背面	腹面
<i>D. confusus</i> (Cockerell)	体卵形，2.5~3.0mm 长，1.5~2.0mm 宽，1.0~1.4mm 高，体密被白色棉状蜡丝，多个虫的蜡丝常融合在一起，形成棉球状，虫体紫红色	宽边孔单个或成群，头部 25~30 群，每群 4~6 孔，胸部约 125 群，每群具 4~6 孔，腹部约 200 群，每群多达 30 孔。腹部刚毛多且大，头部少而短，最后腹节刚毛短，圆柱状，秃顶。肛环椭圆形，104~178μm 宽，85~116μm 长，周边具 5~9 宽边孔群及少数刚毛	复眼突出，直径 49~51μm，两复眼距 430~450μm。触角 7 节，119~175μm 长，一些个体 3、4 节分节不明显，触角间距 123~264μm。下唇瓣三角形，147~160μm 长，166~209μm 宽。足中等粗，爪无小齿。刚毛同背面
<i>D. opuntiae</i> (Cockerell)	体卵形，2.1~2.3mm 长，1.4~1.7mm 宽，1.3~1.5mm 高，体密被白色棉状蜡丝，虫体紫红色	宽边孔成群，头部 15~20 群，每群 2~4 孔，胸部约 110 群，每群具 2~4 孔，腹部约 200 群，每群多达 20 孔。全身密被刚毛，刚毛短，圆柱形，秃顶，全身刚毛大小和形状相似。肛环椭圆形，135~165μm 宽，89~100μm 长，周边具 7~15 宽边孔群及少数刚毛	复眼不太明显，直径 36~41μm，两复眼距 457~650μm。触角 7 节，102~126μm 长，一些个体 3、4 节分节不明显，触角间距 119~180μm。下唇瓣三角形，52~56μm 长，46~52μm 宽。足短而粗，爪无小齿。刚毛同背面，但稀少
<i>D. salmianus</i> (De Lotto)	体球形，稀被有细蜡丝，体长可达 3mm	宽边孔群很少，头部 4~8 群，每群多数为 2 孔，极少为 3 孔，胸部 15~30 群，每群多具 2 孔，少数 3 孔，腹部约 50~75 群，每群多达 6 孔。全身刚毛不是很多，腹部末端比头部多，形状一样，除头发状刚毛外，所有刚毛均秃顶，头发状刚毛很少，多数在腹部末端。肛环椭圆形，117~185μm 宽，50~119μm 长，周边具 8~15 宽边孔群，每群 2~10 孔	复眼直径 27.5~55.3μm，两复眼距 162~644μm。触角 7 节，132~190μm 长，一些个体 3、4 节分节不明显。下唇瓣三节，107~130μm 长，100~172μm 宽。足短而粗，爪无小齿。刚毛同背面
<i>D. tomentosus</i> (Lamarck)	体长卵形，暗猩红色，密被棉状蜡丝，2.3~3.8mm 长，1.5~2.5mm 宽	宽边孔群头部 15~20 群，每群 2~4 孔，胸部约 130 群，每群多具 2~5 孔，腹部约 180 群，每群多达 14 孔。全身刚毛很多，最后腹节最多，圆柱形或头发形，胸部及多数腹节的圆柱形刚毛呈两列排列。肛环退化，周边具 4~9 宽边孔群及一些头发形刚毛	复眼不太明显，直径 47~51μm，两复眼距 676~840μm。触角 7 节，121~158μm 长。下唇瓣三角形，123~153μm 长，93~125μm 宽。足短小，爪无小齿。刚毛不多，不成列
<i>D. zimmermanni</i> (De Lotto)	体卵形，2.2~3.4mm 长，1.3~2.6mm 宽	宽边孔群头部 10~20 群，每群 2~6 孔，胸部约 180~200 群，每群多具 4~6 孔，腹部约 250 群，每群多达 21 孔。头部刚毛较少，胸部常为 2~3 组，最后腹节刚毛较大。肛环卵形，181~227μm 宽，129~166μm 长，周边具 22~27 宽边孔群及一些刚毛	复眼直径 26.1~47.6μm，两复眼距 400~787μm。触角 7 节，155~294μm 长。下唇瓣 187~190μm 长，153~187μm 宽。足发达，粗壮，爪无小齿

洋红蚱属各个种的寄主及分布见表 2-2。

表 2-2 胭脂虫的种名、寄主及分布

种名	寄主	分布（国家或地区）
<i>D. austrinus</i>	<i>Opuntia aurantiaca</i>	南非、阿根廷、昆士兰（澳大利亚）
<i>D. ceylonicus</i>	<i>O. stricta</i> <i>O. monacantha</i> <i>O. canina</i> <i>O. dillenii</i> <i>O. ficus-indica</i> <i>O. retrorsa</i> <i>O. sulphurea</i>	毛里求斯、斯里兰卡、阿根廷、昆士兰、玻利维亚、巴拉圭、南非、墨西哥、美国、西孟加拉湾