



黄粉虫



刘玉升 编著

黄粉虫饲养及综合利用是新的养殖业项目，
本书涉及黄粉虫的良种、饲料、设备、防疫、
贮存与运输、深加工与开发……





虫族数宝

系 列 二

黄 粉 虫

刘玉升 编著

中 国 农 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

黄粉虫/刘玉升编著. — 北京: 中国农业出版社,
2002.10
(虫族数宝系列; 2)
ISBN 7-109-07919-8

I. 黄… II. 刘… III. 经济昆虫—饲养管理
IV. S899

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 065162 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)
(邮政编码 100026)
出版人: 傅玉祥
责任编辑 钟海梅 蔡 彬

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2002 年 12 月第 1 版 2002 年 12 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 3.375 插页: 4
字数: 80 千字 印数: 1~6 000 册
定价: 7.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)



农业产业化进程的加快和农业产业结构调整强度的加强,迫使我们打破传统观念,不断开拓新生资源,走向可持续发展的必由之路,使有限的资源得到再生利用、循环利用,使传统的“单向单环式”资源利用方式向“单向多环式”、“多向多环式”、“循环利用式”转变。新世纪的大农业生产将全面表现出“绿色化”、“工业型”的特点。使增加农民收入、促进农村经济发展的新途径将如雨后春笋般涌现出来,昆虫养殖与加工利用业即是其中最具生命力的新兴行业之一。

昆虫,是节肢动物门、昆虫纲种类的统称。昆虫是在地球上历经4亿年进化历史所形成的最大的生物类群,目前已知180余万种,估计全球种类达到1000万种,我国约为20万~30万种;它们的形态、习性、行为及机能形形色色,变化万千;它们世代短暂、繁殖迅速、食物转化率高,整体生物量可能超过陆地上所有动物的总生物量;昆虫世界蕴藏着极其丰富的资源,也是地球上尚未被充分开发利用的最大的生物资源,在全球资源日益匮乏的形势下,“昆虫资源是上帝留给人类的最后一块蛋糕”。

昆虫资源产业化,正在以前所未有的速度向深度和广度不断拓展——全国各地涌现出一大批昆虫养殖专业户,并且带动了相关产业的发展,昆虫资源产业链和产业网已初见端倪;现代科学技术手段赋予了昆虫资源产业化开发以强劲的生命力,昆虫资源正以传统养殖业为基础,以生物技术为先导,进行着全方位、多层次的研究、开发和利用。为了加强昆虫资源的开发,推进在新的科学和技术条件下的产业化利用,中国昆虫学会在1994年就开始酝酿,要在此领域掀起一个研究和开发的

高潮。为了响应中国科学技术协会发起的学科发展与科技进步活动的号召，中国昆虫学会在 1995 年 11 月召开会议，讨论并提出了发展的具体项目。最近，中国科协已经向全国人大、全国政协及国务院有关部委提交了一份《关于加强发展资源昆虫利用和产业化的建议》，主要包括四项内容：①成立由中国科协领导的国家资源昆虫产业促进委员会；②设立昆虫资源研究开发专项基金；③给予资源昆虫产业以一定的政策性扶植；④赋予各级昆虫学会（协会）相应的资源昆虫产业监管参与权。农业部将昆虫饲料列为被推荐的 10 种节粮型饲料资源之一，国家畜牧发展中心也将昆虫养殖列入我国今后大力发展的 7 类养殖业之中。国家农业部将“黄粉虫工厂化生产技术的示范推广”列入 2001 年的农牧渔业丰收计划，国家计划委员会将“黄粉虫产业化推进”列入 2000 年高技术产业化推进项目。

根据昆虫的用途可以将养虫业的产业领域划分为：授粉昆虫产业（蜜蜂、壁蜂、切叶蜂、粗腿透翅蛾等）、药用保健昆虫产业（土元、螳螂、芫青、蝼蛄、蚂蚁等）、食用昆虫产业（蜜蜂产品、蚱蜢、豆天蛾、螳螂、龙虱、蜻蜓等）、饲用昆虫产业（黄粉虫、蝇蛆、土元等）、观赏及工艺昆虫产业（蝴蝶、甲虫类，及其与观光旅游农业结合的景观农业等）、实验材料及药效标准生物测定昆虫产业（黄粉虫、蚜虫、棉铃虫等，用于教具的各式昆虫标本等）、工业生化原料昆虫产业（桑蚕、柞蚕、白蜡虫、紫胶虫、胭脂虫、五倍子蚜等）、天敌昆虫产业（瓢虫、草蛉、赤眼蜂等）、虫毒产业、昆虫共生生物资源产业（昆虫病原微生物开发的生物农药、肠道微生物开发的动物饲料添加剂等）等十大领域。还有利用基因工程技术开发的高科技产品，如生物传感器、生物反应器等。同一种昆虫的产业价值也可以涉及几个不同领域，如螳螂，既是十分重要的天敌，又是高档食品；土元既是重要药材，又是加工食品、药酒的材料，还可以作为新型保健饲料添加剂；黄粉虫、无菌工程





蝇蛆既是重要高蛋白动物饲料，又可加工成高蛋白系列食品。

我们坚信，昆虫——这个动物界最大的类群，是人类应当充分利用的宝贵资源，是解决蛋白质资源短缺的重要途径之一，是保障食物供给的新途径，是改善环境的最佳选择。尽管人们从与昆虫进行无休无止的战斗到利用昆虫资源造福人类，还存在着巨大的心理落差，但我们依然坚信，昆虫资源的产业化开发利用，必将成为全社会的共识。

只要我们从现在做起，尊重客观与自然规律，昆虫资源的产业化开发利用必将成为 21 世纪大农业的重要经济成分，必将为中国农民带来巨大的财富。

自 20 世纪 90 年代以来，利用昆虫生产饲料、食品、保健品，发展很快。目前除家蚕、柞蚕、蜜蜂可作食用外，新开发的昆虫有黄粉虫、无菌工程蝇、拟黑多刺蚁、胡蜂、豆天蛾、蝗虫、蚱蜢等，其中黄粉虫和无菌工程蝇、土元等工厂化人工养殖技术已获成功。以昆虫养殖为基础的养蝎业、养蛙业及蚯蚓养殖等也得到迅猛发展。在生产蛋白饲料的基础上，进一步生产高蛋白食品和保健食品，以及运用高科技手段开发高利润附加值产品也是一个明显的发展趋势。国内市场上已涌现出许多以昆虫为主的食物、药用保健品，许多餐馆也纷纷打出昆虫菜谱以招引顾客。

进入 21 世纪，昆虫源蛋白将为弥补全球蛋白质资源的短缺做出贡献已成定势。中国昆虫学会于 1998 年 10 月 26 至 29 日在西安举办了“食用、饲用昆虫利用和发展研讨会”，来自高等院校、科研单位、企业界的专家 42 人，进行了为期 3 天的报告及研讨。一致认为昆虫养殖业是继畜牧业、渔业之后又一项重要的养殖业。由于昆虫种类多，适应性强，繁殖快，产出投入比高等特点，昆虫养殖业将是具有丰富内容及发展潜力的养殖业。通过昆虫生产饲料、食品及药用保健品及构建以昆虫为主体的养殖产业链和产业网是昆虫养殖业的重要内容。



目 录

前言

一、黄粉虫的饲养与利用概况	1
1. 国外开发利用黄粉虫的概况	1
2. 国内开发利用黄粉虫的情况	2
3. 黄粉虫资源的开发利用趋势	3
二、黄粉虫及其近缘种形态特征	4
1. 黄粉虫	4
2. 黑粉虫	5
三、黄粉虫的内部解剖学结构	8
1. 消化系统	8
2. 雄性生殖系统与授精	8
3. 雌性生殖系统与卵巢发育	8
四、黄粉虫的生物生态学特性	12
1. 黄粉虫的生物学特性	12
2. 黄粉虫的生态行为习性	12
3. 黄粉虫对环境条件的适应能力	15
五、黄粉虫的工厂化规模生产	21
(一) 工厂化生产技术	22

1. 良种选育与培育	22
2. 饲料来源与加工利用	28
3. 饲养设备	48
4. 环境条件控制	55
5. 防疫措施	55
6. 生产管理程序及技术参数	57
7. 饲养管理技术	60
(二) 工厂化生产尚需解决的问题	64
1. 黄粉虫资源产业化开发的新领域	64
2. 尚需解决问题	67
(三) 工厂化生产的风险分析	67
1. 技术风险评价	67
2. 生态风险评价	68
六、黄粉虫的贮存与运输	69
1. 黄粉虫的贮存	69
2. 黄粉虫的运输	69
七、黄粉虫资源产业化开发与利用	71
1. 黄粉虫深加工与产品开发	72
2. 黄粉虫活体资源的利用	73
3. 黄粉虫产业化开发的意义及应用前景	81
附录 1: 黑粉虫饲养技术	88
附录 2: 黄粉虫食品企业标准	93
主要参考文献	97





一、黄粉虫的饲养与利用概况

黄粉虫 (*Tenebrio molitor* L.), 原为一种广布于世界各地的重要仓储害虫, 俗称面包虫, 因其营养成分高居各类活体动物蛋白饲料之首, 被誉为“蛋白质饲料宝库”, 国内外著名动物园都用其作为繁殖名贵珍禽、水产的肉食饲料之一。

黄粉虫原产于南美洲, 国内外均有民间饲养的记录。黄粉虫约有 100 余年的饲养历史, 我国 20 世纪 50 年代由北京动物园从前苏联引进驯养。

黄粉虫于 20 世纪 70 年代被科研部门用于杀虫剂的药效检测与毒性试验, 也被昆虫学界用作科研、教学中昆虫生理学、生物化学、解剖学及生物学等方面的试验材料, 更为普遍和重要的是作为民间观赏禽鸟、养蝎业等特种经济动物的活体动物蛋白饲料, 目前各地都在大力发展, 促进了林蛙、蛤蚧、鳖、鳝鱼等特种经济动物饲养业的发展。

存在的主要问题是由于各地气候条件、饲养管理条件、饲料条件、饲养规模等存在极大的差异, 黄粉虫明显表现出不同品系的分化及退化, 个体小、产量低, 畸形、死亡率高, 产卵量小, 成虫寿命短; 民间饲养不规范、规模小、用途狭窄、效益差; 应用范围较为狭窄, 开发力度不够。

1. 国外开发利用黄粉虫的概况 世界上许多国家在黄粉虫资源的产业化开发利用方面做了大量工作, 有的国家还设有专门机构进行深入的研究。研究较早的国家有法国、德国、俄罗斯和日本。从人工饲料的研究、人工饲养技术的改进到其食用、药用及保健功能的探索等, 做了大量工作, 尤其是黄粉虫酶系、生化生理的研究有较多的报道。近年来, 有人发现黄粉

虫蛋白质不仅是优质的食用蛋白质及医用蛋白质，而且在一些液体产品中加入黄粉虫蛋白质可以防冻、抗结冰，可以作为寒冷地区饮料、药品、车用水箱及工业用防冻液和抗结冰剂。有的国家以黄粉虫为原料，提取生化活性物质，作为特殊食品，如干扰素等。有一些国家将黄粉虫加工成菜肴，摆上了餐桌，有的以黄粉虫为原料制作药品和保健品，在市场上销售，有些国家已经将黄粉虫物质分离、纯化，研制成各种生化制品，如以几丁质（甲壳素、壳聚糖）为原料的产品——果蔬增产催熟剂、美容化妆品、保健品等。

2. 国内开发利用黄粉虫的情况 国内开发利用黄粉虫开始于 20 世纪初，当时养殖的黄粉虫主要用作药用动物及珍禽的饲料，也用于科研教学，20 世纪 70 年代逐渐得到较大规模的发展；80 年代以来，随着特种经济动物养殖业的发展，黄粉虫作为活体饲料，进一步得到社会的重视，但规模小、分布狭窄、产量低、利用率不高；近年，黄粉虫的产业化开发利用发展很快。由于保健品及“绿色”骨粉、鱼粉和饲料市场的发展，对黄粉虫的开发利用起到了极大的促进作用，黄粉虫的养殖已经遍及全国。陕西省粮食学校的陈彤先生对黄粉虫的食用价值作了系统研究，并制订了部分企业标准，并且以此为原料制作成了多种多样的食品；山东农业大学昆虫研究所、山东省虫业协会与泰安市劳动大厦合作举办了多次以黄粉虫原料为主的“昆虫宴”，受到国内外广大游客的一致赞同。

山东农业大学黄粉虫资源利用研究课题组，组织了昆虫学、生物化学、组织生理、营养、饲料等方面的有关专家对黄粉虫进行了系统研究与利用开发。在搜集种质资源、分离纯化培育成功两个新品种和一个杂交种的基础上，进行与近缘种的种间杂交和辐射育种，期望获得遗传物质整合性更好的种质。在产业化研究中，系统测试了黄粉虫各种不同虫态的蛋白质、脂肪、甲壳素、矿物质和微量元素，对昆虫源甲壳质、壳聚糖





在医药、保健品、食品、化妆品、纺织品或农林果蔬增产剂等制造业中具有诸多用途前景作了探讨，昆虫蛋白可以用于生产食品、天然蛋白丝等，昆虫油脂也在推广应用中，虫粪沙作为吸附剂在生物有机肥、生物农药制造业中得到应用。

3. 黄粉虫资源的开发利用趋势 黄粉虫资源的人工养殖利用将逐渐向规模化、专业化与综合利用化、深加工方向发展。

黄粉虫资源的开发利用趋势表现在：

- ①各种物质成分的高效分离纯化技术研究；
- ②各种消化酶的测定、分离与应用研究；
- ③肠道微生物菌群分离培养技术、制备微生态益生菌及应用研究；
- ④黄粉虫粉与其他昆虫粉的配合利用。



二、黄粉虫及其近缘种形态特征

黄粉虫 *Tenebrio molitor* L., 在分类学中属于鞘翅目, 拟步甲科, 粉虫属; 别名面包虫、高蛋白虫, 通常也称黄粉甲。与黄粉虫近缘的常见种类有黑粉虫。

1. 黄粉虫 黄粉虫属于全变态类昆虫, 其整个生长发育过程分为成虫、卵、幼虫、蛹 4 个阶段。

● 成虫 体长约 15~20 毫米, 体为长椭圆形, 体色初羽化时为乳白色, 后逐渐变为黄白色、黄褐色、黑褐色, 最后呈黑赤褐色即为性成熟期, 开始进行交配。体面多密集黑斑点, 无毛, 有光泽。复眼红褐色。触角念珠状, 11 节, 触角末节长大于宽, 第一和第二节长度之和大于第三节的长度, 第三节的长度约为第二节长度的 2 倍。鞘翅末端圆滑。

● 卵 卵长 1~1.5 毫米, 长圆形, 乳白色, 卵壳较脆软, 易破裂。卵壳外被有黏液, 可粘合食物、粪便等杂物覆盖, 起到保护作用。卵一般由成虫初产成一直线, 也有呈圆圈状排列的, 最终集片成团堆, 少量散产于饲料中。

● 幼虫 幼虫初孵化时仅有 2~3 毫米, 为乳白色; 以后随着龄期的增加, 体长增加; 各龄幼虫处蜕皮时为乳白色, 随着生长, 体色加深, 逐步变为黄白色、浅黄褐色; 老熟幼虫一般体长 28~35 毫米, 身体前后粗细基本一致, 体径约为 5~7 毫米, 体壁较硬, 无大毛, 有光泽; 虫体为黄褐色, 节间和腹面为黄白色。头壳较硬, 为深褐色。各足转节腹面近端部有 2 根粗刺。

● 蛹 长约 15~19 毫米, 乳白色或黄褐色, 无毛, 有光



泽，鞘翅芽伸达第三腹节，腹部向腹面弯曲明显。腹部背面各节两侧各有一较硬的侧刺突，腹部末端有一对较尖的弯刺，呈“八”字形，腹部末节腹面有一对不分节的乳状突，雌蛹乳突大而明显，端部扁平，向两边弯曲，雄蛹乳突较小，不显著，基部愈合，端部呈圆形，不弯曲，伸向后方，以此可区别雌雄蛹。

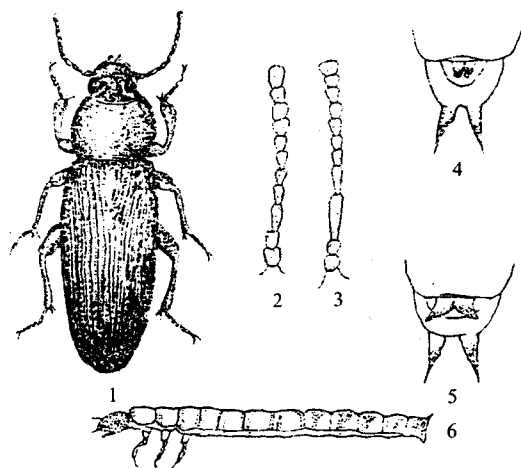


图 1 黄粉虫

1. 成虫 2. 黄粉虫触角 3. 黑粉虫触角
4. 雄性蛹乳突 5. 雌性蛹乳突 6. 幼虫

2. 黑粉虫

● 成虫 体长 12~18 毫米，为常见贮藏物害虫中最大型种类。长椭圆形，体深黑褐色至黑色，密生刻点，无毛，无光泽。头部扁圆，前伸，前缘及前侧缘扁平。复眼灰黄褐色，有光泽。触角近念珠状，11 节；末节宽大于长；第三节长大于第一、二节总长，约为第二节长的 3 倍或第四节长的 2 倍。前胸背板长宽近等，中区隆起，侧缘呈弧形，前缘略较后缘狭，前角略突出，后缘中央有一宽而浅的“┐”形纹。小盾片五角

形，后端尖。鞘翅两侧缘近平行，末端较尖，各有不显著的刻点9列。

●卵 长1.2~1.4毫米，椭圆形，贴近附着物的侧面略扁平，乳白色，有光泽。

●幼虫 老熟幼虫长约32~35毫米，长圆筒形，显著骨化，有光泽，外形与黄粉虫幼虫近似，下唇须2节，唇舌远短于下唇须，第一上唇中部具刚毛2根。内唇前缘两侧各具短刚毛1横列，3根。触角3节，第一、二节暗褐色，端部淡黄白色，第三节暗褐色；第一节长为第二节长的 $\frac{2}{3}$ ，第二节长为宽的4倍；第二节端部的感觉圈呈 $\frac{3}{4}$ 圆形；第三节的长度几乎等于第一、二节之和。侧单眼6对。身体各节背中部黑褐色，前、后缘深黑褐色，腹面及节间淡黑褐色，第六腹节以后各节背中部色泽浅深至八、九节呈深黑褐色；背线极细，深黑褐色；第九腹节长宽相近，背端具一对短于第九腹节的黑褐色臀突，臀突纵轴与体背面呈明显钝角，臀突前方两侧各具2粗刺。足细小，但前足大于中、后足；各足转节腹面近端部具一粗刺；胫跗节腹面至少具刺毛2列，每列2~3根。爪上刚毛不等列。

●蛹 长约17毫米，淡黄褐色，各节后缘黄褐色，无毛或仅有少量微毛，有光泽。鞘翅短，仅伸达第三腹节。第三腹节以后各节显著向腹面弯曲，各腹节背面两侧各有一侧突，腹末有褐色尖肉刺一对。腹末腹面有不分节的乳头状突一对，雄蛹的乳头状突小而不显著，末端略向外弯，雌蛹的乳头状突大而显著，端部扁平稍骨化，显著向外弯。

为了方便黄粉虫与黑粉虫的区别，下面列表（表1）区分二者：





表 1 黄粉虫、黑粉虫成虫、幼虫区别表

虫态	黄粉虫	黑粉虫
成虫	体长 15 毫米 黑褐色，有脂肪样光泽 触角第 3 节短于第 1、2 节之和，末节的长宽相等，而长于前一节 前胸之宽略过于长，表面刻点密 鞘翅刻点密，行列没有大而扁的刻点	体长 14~18 毫米 黑色，刻点极密，无光泽 触角第 3 节几乎等于第 1、2 节之和，末节的宽度大于长度 前胸之宽几乎不过于长，表面刻点特别密 鞘翅刻点极密，行列中间有大而扁的刻点，因此产生明显而隆起的脊
幼虫	体长 28~32 毫米 背板黄褐色 触角第 2 节长 3 倍于宽 内唇两侧近边处各有刚毛约 6 根 前足转节内侧近末端有刺 2 根 第 9 节之宽过于长，尾钩的长轴和背面形成几乎不钝的直角	体长 32~35 毫米 背板暗红褐色或黑褐色 触角第 2 节长 4 倍于宽 内唇两侧近边处各有刚毛约 3 根 前足转节内侧近末端有刺状刚毛 1 根 第 9 节之宽不过于长，尾钩的长轴和背面形成明显的钝角



三、黄粉虫的内部解剖学结构

1. 消化系统 黄粉虫幼虫和成虫的消化道结构是不同的。幼虫的消化道平直而且较长；幼虫的马氏管一般为6条，直肠较粗，且壁厚质硬，可能与回收水分有关。成虫的消化道较短细，中肠部分较发达，质地较硬；由于生殖系统同时占有腹腔空间，肠管不及幼虫发达。因此，在饲料配方及加工粒度方面，应该将成虫饲料的营养成分提高一些，加工更精细一些；在饲养管理方面，更要体现出饲料添加的“少量多次”的原则。

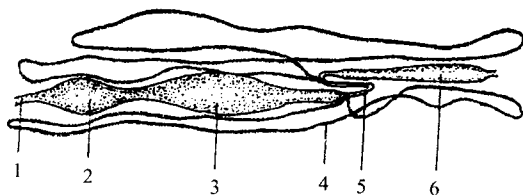


图2 黄粉虫幼虫消化系统

1. 食管 2. 嗉囊 3. 胃（中肠） 4. 马氏管 5. 肠 6. 直肠

2. 雄性生殖系统与授精 雄虫管状附腺与豆状附腺发达成对，可见睾丸内有许多精珠。雄虫羽化5天后睾丸和附腺已十分发达、清晰。活体解剖可见雄虫管状附腺不断伸缩，向射精管输送液体。可能管状附腺与豆状附腺在雌雄交配时有助射精和输送精液的作用。

交配时睾丸中的精珠与附腺排出的产物一同从射精管排出。每个雄虫约有10~30个精珠，每头雄虫一生可交配多次。

3. 雌性生殖系统与卵巢发育 雌性生殖系统由输卵管、

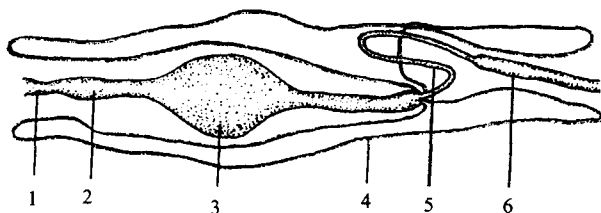


图3 黄粉虫成虫消化系统

1. 食管 2. 嗉囊 3. 胃 4. 马氏管 5. 肠 6. 直肠

侧输卵管和附腺组成。

刚羽化的雌成虫卵巢整体纤细，卵粒小而均匀，卵子不成熟。受精囊腺体展开而不收缩，说明卵巢是在羽化后逐渐发育成熟的。羽化后5天的黄粉虫，卵巢发生很大变化，长大的卵进入两个侧输卵管，但卵仍不十分成熟，受精囊及其附腺较前期发达，更加粗壮一些，特别是受精囊附腺开始具有收缩功能。羽化后15天的黄粉虫，达到产卵盛期，大量的成熟卵积存于两侧输卵管内，使两侧输卵管变为圆形，卵巢端部小卵不断分裂发育成新卵，如果此时营养充足，护理好，端部会出现端丝。端丝的出现可以增加更多的卵。黄粉虫排卵28天后，卵巢逐渐退化，如果此时再补充优良饲料，可促进雌性腺发育。这时会出现一侧卵巢退化而另一侧卵巢特别发达的情况，可继续产卵，提高产卵量。

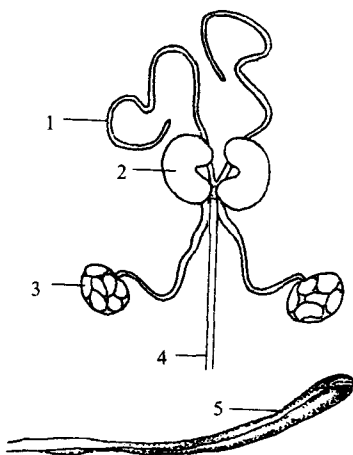


图4 黄粉虫雄虫生殖系统

1. 管状附腺 2. 豆状附腺
3. 睾丸 4. 射精管 5. 阴茎