

## 一、虾、蟹对营养的需求

虾、蟹通过从外界摄食、吸收供给其繁殖、发育生长、维持活动和健康、修补损失等所必需的物质及能量的总和称为虾、蟹的营养。人工养殖中，提供这些营养许多时候都是通过投喂各种饲料来实现的。有些物质虽有某些蛋白质、粗脂肪等，但虾、蟹摄食后不能消化吸收，故不应认为是有营养的物质。

育种、饲料和管理技术是水产养殖的三大生产环节，其中饲料是中心环节，是水产养殖中的主要物质基础，也是商品生产的主要成本。虽然在池塘养殖中可通过施肥增加天然饵料的供应，但是，要达到稳产、高产，必须要增加饲料投喂。在进行集约化生产时，人工饲料更是达到高产优质的首要条件和限制性因素。如果投喂的饲料中某些营养缺少或过多，便会影响虾、蟹的生长、发育，甚至产生病害。所以，要使养殖的虾、蟹生长良好，进行健康养殖，减少病害，商品虾、蟹肉质优良，就应合理搭配和配制营养全面的饲料。总之，为了以最低的成本获得优质高产，必须研究虾、蟹类的营养需求。虾、蟹需求的主要营养成分有蛋白质、类脂质、糖、无机盐和维生素等。

## (一)蛋白质和氨基酸

### 1. 蛋白质

虾、蟹与别的动物一样，蛋白质是其主要的营养成分之一，是构成身体中肌肉及内部器官的主要成分。蛋白质一旦缺乏，便会引起一系列生理、生化过程的障碍，致使虾、蟹生长停滞，严重的甚至死亡。虾、蟹维持日常生存所需能量可来自多方面，而构成肌体组织则只能是来源于饲料中的蛋白质。

虾、蟹消化吸收饲料中的蛋白质用于以下三方面需要：

- ①维持体蛋白质的最低需要量；
- ②虾、蟹体的增长；
- ③作为能源消耗。可用如下关系式表示：

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

$P$ ：摄取的蛋白质量

$P_1$ ：维持体蛋白质的量

$P_2$ ：生长所需蛋白质的量

$P_3$ ：作为能源消耗蛋白质的量

在一定条件下， $P_1$  的量变化不大。 $P_2$  的量在虾、蟹不同生长阶段是不同的，一般在仔虾、仔蟹阶段蛋白质需要量最高，之后随个体长大需要量减少，幼体阶段次之，成体阶段最低。当  $P > P_1 + P_2 + P_3$ ，虾、蟹能正常生长，而当  $P < P_1 + P_2 + P_3$  时，则生长停滞，甚至死亡。鱼类在幼鱼阶段蛋白质消化

酶很低,虾、蟹幼体阶段与幼鱼相似。据有关部门测试,随虾体长大,虾体的各种酶,如蛋白酶、胰酶、纤维素酶等的活性相应增强。所以在虾的幼体阶段饲料蛋白质量宜适当低一些。

在配制配合饲料时,蛋白质在其中的最适量问题历来受到重视。如果配合饲料中蛋白质含量在最适范围内,虾、蟹即生长良好。如果含量不足或超过含量都对其生长不利,而且过量还会增加配合饲料的成本。

虾、蟹同化蛋白质的效率会随不同蛋白来源的氨基酸组成、投喂饲料中的类脂质和糖类的相对比例、微量成分等而变化。一些未知微量成分往往起着重要作用。从这些意义上来说,虾、蟹没有绝对的蛋白质需要量,但需要氨基酸的组成相对平衡。

## 2. 氨基酸

### (1) 氨基酸的重要性

氨基酸是组成蛋白质的基本单位。饲料中的蛋白质通常是被虾、蟹消化器官分泌的消化酶分解为氨基酸后吸收,再组成虾、蟹机体的蛋白质。所以虾、蟹对饲料蛋白质的需求,实际上是对组成这些蛋白质中氨基酸的需要。大多数蛋白质由 20 种氨基酸组成。某些蛋白质缺乏某种氨基酸,另一些则含所有 20 种氨基酸。所以蛋白质除了在分子量和功能上各不相同之外,含氨基酸的相对比例也是不同的。

动物缺乏由简单的无机化合物像二氧化碳、水、硝酸盐和硫酸盐来合成氨基酸的能力,必须依赖于植物、其他动物或肠道寄生菌作为饵料氨基酸或氨基酸前体的来源,氨基酸前体

能转化为氨基酸。

在投喂饲料中往往蛋白质质量相同,其效果却不同,主要原因之一是组成蛋白质的氨基酸质量不同。

## (2) 氨基酸分类

常见的氨基酸根据其结构分为脂肪族、芳香族和杂环族。

脂肪族氨基酸分子主链为脂肪酸,是氨基酸中最多的一类,根据其分子内含氨基和羧基的数目不同而呈中性、酸性和碱性。中性的如甘氨酸、L-丝氨酸、L-苏氨酸、L-丙氨酸、L-缬氨酸、L-亮氨酸、L-异亮氨酸、L-半胱氨酸、L-胱氨酸、L-蛋氨酸。属于酸性的有 L-天冬氨酸、L-谷氨酸。属于碱性的有 L-赖氨酸、L-精氨酸。

芳香族氨基酸的分子中有一个芳香族环。如 L-苯丙氨酸、L-酪氨酸。

杂环族氨基酸的环状结构中除碳原子外还有其他元素。如 L-组氨酸、L-脯氨酸。

按分子旋光结构,每种氨基酸都可分为 D-型、L-型或 DL-型。天然氨基酸为 L-型,合成氨基酸为 D-型或 DL-型。

有些氨基酸,人或动物不能在体内合成,必需由外源供给,这类氨基酸称为必需氨基酸。可以在体内合成的氨基酸称为非必需氨基酸。有少数氨基酸在某些情况下(例如代谢障碍)内源性合成不足时,部分需要外源供给,称为半必需氨基酸。

据一些学者研究,几种虾的必需氨基酸有 10 种,比人的必需氨基酸多了两种(见表 1)。



表 1 人和虾的必需氨基酸

氨基酸	人	日本对虾	罗氏沼虾	长臂虾	褐对虾
苏氨酸	+	+	+	+	+
缬氨酸	+	+	+	+	+
蛋氨酸	+	+	+	+	+
亮氨酸	+	+	+	+	+
异亮氨酸	+	+	+	+	+
苯丙氨酸	+	+	+	+	+
赖氨酸	+	+	+	+	+
色氨酸	+	+	+	+	+
组氨酸		+	+	+	+
精氨酸		+	+	+	+

然而对虾的必需氨基酸的需要量及配饵蛋白质中氨基酸的最适组成尚不清楚。但许多学者公认的是对虾配饵蛋白质的氨基酸组成愈接近对虾本身的氨基酸组成愈好。

从蛋白质的氨基酸组分来说明蛋白质的好坏，是评定蛋白质营养价值的一种化学评定法，有人用必需氨基酸指数来说明氨基酸组成的好坏。

10 种必需氨基酸中，有些必需氨基酸的含量特别缺乏，会限制其他各种必需氨基酸的利用率，决定整个饲料蛋白质氨基酸的有效利用率，被称为是限制性氨基酸。根据所限制的重要程度，也就是说限制作用的大小，又划分为第一、第二、第三限制性氨基酸。对于每种饲料蛋白质、每种动物，第一、第二、第三限制性氨基酸的具体种类是各不相同的。另外，如

果知道了限制性氨基酸，采用有效途径添加了第一限制性氨基酸后，使得原来是第二限制性氨基酸就变成第一限制性氨基酸了。也就是说对于饲料蛋白质，不同动物这种第一、第二、第三限制性氨基酸的排序是随实际情况而变化的。

### （3）氨基酸平衡

依照氨基酸的营养功能而划分的必需氨基酸、非必需氨基酸以及第一、第二、第三限制性氨基酸都不是孤立的，而是相互联系的。也不是绝对的，而是根据虾、蟹品种、饲料而相对存在的。必需氨基酸、限制氨基酸和饲料蛋白质有效营养水平或营养价值的关系可用 10 块木板（相当于必需氨基酸）拼成的水桶来表示，其中装盛水量的高低相当于蛋白质有效营养水平的高低（见图 1）。

从图 1 可形象地看出，只要一块桶板很矮，这只水桶只能装盛到那块矮桶板高度的水量，其他桶板再高也不能使该桶装盛更多水。要是将这块矮桶板补高，便能使该桶装更多的水。所以投饲中要求饲料中氨基酸组分间要有适当的配比，也就是力求氨基酸平衡，使饲料中的各种氨基酸的含量与比率和饲养动物的营养需要相协调。

### （4）达到氨基酸平衡的方法

氨基酸不平衡，便不能提供合成虾、蟹体格所需蛋白质的必需氨基酸；特别是某些限制性氨基酸缺乏，会造成中间代谢的紊乱，降低其他氨基酸的利用率以及蛋白质的有效性。非必需氨基酸不足，反过来也会消耗必需氨基酸，同样使合成代谢受阻，致使虾、蟹生长发育减慢。为达到氨基酸平衡可通过以下途径。

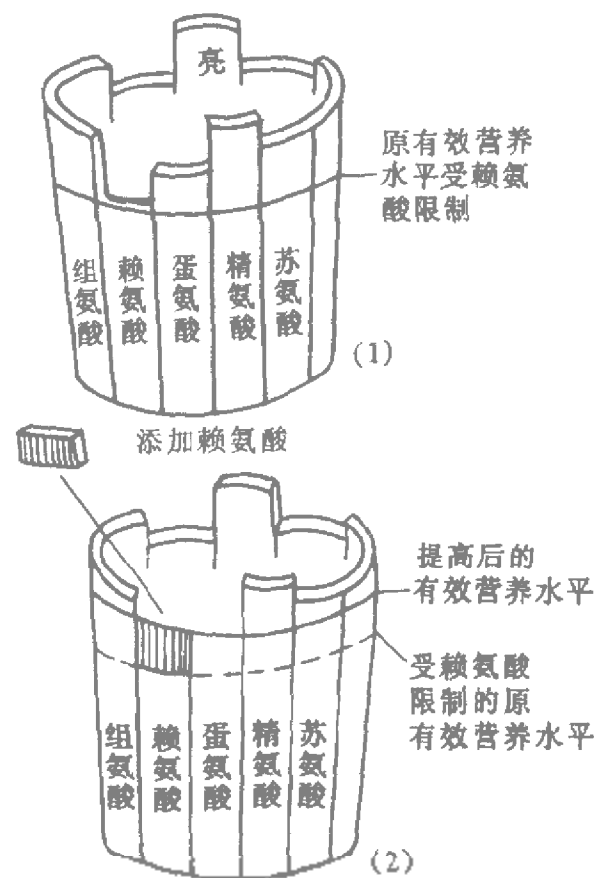


图 1 必需氨基酸与限制性氨基酸示意图

①在饲料中添加所缺乏的限制性氨基酸。这对于以廉价的植物饲料蛋白源为主的我国，具有重要的经济意义和现实意义。以往采用增加某种氨基酸高的蛋白质，这同时会增加含量高的氨基酸数量，不仅造成另一次氨基酸不平衡，而且增加了饲料成本。由于各种氨基酸已能工业化生产，添加氨基酸来完成食品或禽畜饲料氨基酸平衡是目前较合理的方法。然而通过试验，虾不但不喜欢摄食氨基酸饵料，而且几乎不生长，死亡率还高。所以饲料添加氨基酸几乎对养虾、蟹无益，这点是虾、蟹营养生理不同于禽、畜的许多方面之一。在水产

动物中添加游离氨基酸必需充分了解其需要、各种影响因素,如添加时的化学环境条件、水产动物体格大小、水质水温、放养密度、天然饵料利用率(池塘内)、日摄饵量、饵料中非蛋白质能量值和饵料蛋白质的质量等,经试验之后才能进行,不可盲目从事。

②多种饲料合理搭配。从不同地区可获丰富、较低价格饲料,采用多种蛋白质饲料合理搭配,使各种氨基酸互相补充,以提高蛋白质饲料的利用效率。多种饲料配合也是设定配合饲料配方的一条重要原则,其主要根据就是达到或接近氨基酸的平衡。例如酪蛋白是常用的营养完全的试验饲料,但与标准全卵蛋白相比精氨酸只有 4.0%,少了 2.5%,其他氨基酸均丰富。而明胶蛋白则含精氨酸 8.0%,其他氨基酸均缺乏。所以常以不同比例的酪蛋白和明胶互配,根据各种需要形成不同氨基酸组成比率的精制饲料。再如,豆饼、菜籽饼、棉饼是我国主要植物蛋白来源。其中豆饼含丰富的赖氨酸,但精氨酸、蛋氨酸缺乏,而棉籽饼和菜籽饼中赖氨酸含量少,其有效性仅为豆饼的 50%~60%;然而棉饼中的精氨酸含量比豆饼含量高 1.5 倍;菜籽饼中蛋氨酸含量比棉饼和豆饼高。因此,只要把这三种饼粕按饲养动物的营养需要,科学地配合,就可得到既经济又合理的优良配方,例如按:棉饼:菜籽饼:豆饼=2:1:1(见表 2)。

表 2 豆饼棉饼与菜籽饼配合后氨基酸含量表

氨基酸 饲料	蛋氨酸 (%)	精氨酸 (%)	赖氨酸 (%)
大豆饼	0.48	3.45	2.45
豆 粕	0.51	3.40	2.56
棉仁饼	0.36	3.57	1.39
棉 仁	0.51	3.75	1.39
菜籽饼	0.61	1.57	1.83
菜 粕	0.77	1.96	1.86
棉饼:菜籽饼:豆饼=2:1:1	0.50	3.13	1.73

### (5) 氨基酸的有效性、缺乏症及过多症

能被消化吸收并利用的氨基酸称有效氨基酸。营养因子在饲料的配合、加工贮存以及投喂过程中的破坏都能影响氨基酸的有效性,例如,在高温榨油、牛奶煮沸、含糖饲料不恰当贮存(其中水分超过 7% 时贮存)等都会发生棕色反应(也称美拉德反应),最后导致赖氨酸分子被破坏。再如赖氨酸和棉饼中有毒的棉酚反应,饲料加工过程中的高温加热(如酪蛋白加 10% 葡萄糖,在 90℃ 下加热 24 小时,各种氨基酸有效性下降,特别是赖氨酸和组氨酸)在饲料配合中各种氨基酸之间的互补和拮抗:例如精、胱、鸟氨酸过量可阻碍赖氨酸的吸收;赖、精、鸟氨酸的配合妨碍胱氨酸的吸收;精、赖氨酸互相拮抗等。

氨基酸有效性受影响的主要表现为失去活性,使得消化吸收率下降、利用率下降。主要的反应是棕色反应,也就是赖

氨酸的  $\epsilon$  氨基和还原糖发生反应, 生成了赖氨酸——糖复合物, 最后赖氨酸分子被破坏。

氨基酸尤其是必需氨基酸缺乏会引起一系列营养缺乏症, 如缺乏蛋氨酸会影响甲基供体对肝脏的保护作用, 会影响合成肾上腺素、胆碱、肌酸和烟酰胺, 而造成肝功能恶化、代谢紊乱、生长受阻; 还会引起白内障、腐鳍。缺乏精氨酸等人都会出现类似症状而严重影响生长, 甚至死亡。

氨基酸超过一定范围同样有害。会引起过多症, 破坏氨基酸平衡。如赖氨酸、蛋氨酸过多形成氮负平衡, 造成低色素性贫血、肝功能受损、蛋能比失调、生长停滞以及发生器质性病变, 中毒死亡。所以在饲料配制中应考虑到氨基酸有效性, 往往采取按已知氨基酸的需要量, 或是按鸡全卵蛋白, 鱼、虾、蟹全卵蛋白, 本身幼鱼鱼肉蛋白等标准蛋白质的氨基酸组成为标准, 实行超量配制。应注意在一定超量范围是正确和必要的, 但过多却是有害的。

## (二) 类脂质

类脂质是指生物体内能被有机溶剂抽提出来的物质的总称。这种性质称脂溶性, 是因为这类物质分子的碳氢比例较高的缘故。

类脂质在动物体中具有重要的生理功能, 例如提供生命活动所需能量(8~9 千卡/克)、磷脂和固醇脂, 在细胞和亚细胞生物膜结构中起重要的作用; 为吸收脂溶性维生素提供载体并提供其中化合物; 是甲壳类饲料中所必需的固醇。类脂

质还参与代谢的很多方面，例如有些类脂质便是动物激素或维生素等。

按照化学结构，类脂质可分为单脂、复脂及异戊二烯系的脂质。

单脂包括油、脂以及蜡。脂肪酸和甘油化合成的酯通称油脂。在常温下为液体的称油，为固体状态的称脂。脂肪酸和高级一元醇(少数为二元醇)化合而成的酯称为蜡。

复脂有磷脂和糖苷脂。

异戊二烯系的脂质有属于多萜类的类胡萝卜素等和固醇以及类固醇。

## 1. 油脂

油脂是类脂质中数量最多的一种，为动物体提供热能和必需的脂肪酸。

天然油脂中的脂肪酸分饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸。前者分子结构碳链中不具有双键，而后者具有双键。

不能在动物体内合成的脂肪酸称必需脂肪酸。这类脂肪酸只能通过食物或饲料来提供，其化学结构特点是碳链中具有两个以上的双键，在两个双键之间有一个活性亚甲基。在体内主要的功能是合成磷脂(所有细胞的组成成分)。如果缺乏必需脂肪酸，细胞线粒体结构会发生改变，导致代谢严重紊乱，甚至死亡，所以必需脂肪酸又称维生素 F。必需脂肪酸有亚油酸、亚麻酸和花生四烯酸。

必需脂肪酸参与代谢；在生物膜的柔软度及渗透性上具有重要作用；必需脂肪酸还是磷脂的组成部分，磷脂则参与其

他脂类的转运;在被  $\text{Na}^+$  和  $\text{K}^+$  激活的神经组织中, ATP 酶的活化需要磷脂;必需脂肪酸作为前列腺素的前体也很重要;必需脂肪酸还可能参与许多尚未发现的重要生理代谢。总之,为了维持正常生理状况和生长,必须由饲料来提供必需脂肪酸。

在缺乏必需脂肪酸时,会影响虾、蟹的生长率、饵料效率以及成活率: 在一些虾的试验中,发现当缺乏必需脂肪酸时,除了降低生长率和饵料效率外,还会减少血细胞数、血清蛋白量、食用肉质百分率以及延长蜕皮间期并减少每次蜕皮的重量。

虾、蟹对类脂质的需要量比对蛋白质需要量少,例如虾喜食的贝类,蛋白质和类脂质之比约 9:1,这可以看出虾、蟹对类脂质的需要比率。有人认为配饵中脂肪含量应在 6% 左右,不能超过 10%,且其中油脂的脂肪酸需含亚油酸、亚麻酸和花生四烯酸,亚麻酸的效果比亚油酸好,同时饲料中类脂质的组成会显著影响虾体中类脂质的成分。对必需脂肪酸的需要量也反映了构成虾、蟹所有器官、组织总的需要量,而且受温度、盐度及其他环境的影响,同时也受到年龄、生殖、季节、蜕皮周期和许多其他生物因子的影响。

## 2. 固醇类

固醇类是类脂中不能被皂化、在有机溶剂中容易结晶出来的化合物,也称甾醇。胆固醇便是最常见的固醇类之一,是一价醇,因其最初是从胆石中分离出来的化合物晶体而得名。是动物细胞的重要组成成分,尤其脑组织中特别多。胆固醇



对虾的生长及其他生理功能有重要作用。通过在饲料中添加胆固醇, 虾的增长率超过对照组 2 倍以上, 饲料效率也明显提高。从试验推测配饵中胆固醇含量的上限可在 2% 左右, 例如东方对虾需胆固醇 1.2%。

甲壳类不能自己合成胆固醇, 需要从含有胆固醇的饵料中获得所需的胆固醇。实验证明虾、蟹在蜕皮周期中需要胆固醇, 所以认为胆固醇是甲壳类蜕皮激素的先质。甲壳类可把甾醇转化为胆固醇。实验证明对虾有把其他固醇转化为胆固醇的能力。金泽昭夫等人在基本配饵成分中分别加 0.5% 胆固醇、麦角固醇、豆甾醇、谷甾醇饲养日本对虾, 结果表明对虾的成活率影响不明显, 但对虾的增长影响明显。对虾增长的效果顺序为: 胆固醇、豆甾醇、谷甾醇、麦角固醇。

### (三) 糖 类

糖是多羟基醛和多羟基酮及其缩聚物和某些衍生物的总称。从微生物到高等植物都含有糖类物质。植物中含糖类最多, 约占其干重的 85%~90%。动物中含糖比植物少。

糖在动物体内的作用为: ①主要的能量来源。虽然水产饲养动物利用糖的能力不及脂肪或蛋白质, 可利用的能值也没有脂肪和蛋白质高, 但糖类价格低、来源广, 加工贮藏、投饵时稳定性较好, 所以在饲料中是主粮。②节约蛋白质。当动物体内有糖贮存时, 首先以糖来供应能量, 在缺糖的情况下才消耗蛋白质和脂质。③糖对神经的代谢很重要。而中枢神经只能利用由血液输送的葡萄糖来供代谢之需要。

在化学结构上,糖分成三大类:单糖、聚糖和多糖。单糖如葡萄糖、果糖、半乳糖、甘露糖等。聚糖,如蔗糖、麦芽糖、乳糖等。多糖,如淀粉、糊精、纤维素、褐藻胶、琼胶、糖元等。

在多糖中,淀粉、糖元和纤维素的生理意义较大。淀粉、纤维素是饲料中的主要成分。糖元也称动物淀粉,在动物体内合成并贮存在动物组织中。肝脏内糖元含量可达 20%,肌肉中约 4% 以上。糖元在玉米、真菌及酵母中也存在。只有在多糖被消化分解成葡萄糖时才能被吸收利用。糖元在动物体内不断进行合成,同时不断分解为葡萄糖,积极地参加物质代谢过程。

有人对东方对虾对糖类需求量进行研究,在基本配饵成分中分别添加 10% 的糊精、淀粉、蔗糖、乳糖、葡萄糖配制成配饵养虾,结果表明糊精、蔗糖的效果最好,葡萄糖最差。日本学者通过试验认为蛋白质、糖元在饲料中的配比以蛋白质 52%,糖元 15% 为最好,两者适宜配比与贝类所含的这两种物质比例相似。有人试验日本对虾饲料中加 10% 蔗糖时,虾成活率 80%;含蔗糖 20% 时,成活率 90%。然而蔗糖效果虽好,实用性不如糊精。糊精的适宜用量则为 20%。有人在做日本对虾饲料加葡萄糖试验时指出,只有加维生素时才有效,而且添加葡萄糖量只有 3.75%。

壳多糖或称几丁质壳多糖,主要成分 is 几丁质,化学结构为 N—乙酰葡萄糖胺以及与 N—葡萄糖以  $\beta$ —1—4 链结合而成,是甲壳类壳的主要成分。虾、蟹的生长发育是不断伴随着蜕壳和再生壳的过程,所以甲壳质对虾、蟹类是一极其重要的。最近研究表明,吸收虾、蟹体内的甲壳质分解成的中间产

物,对虾、蟹体的甲壳质形成起着重要作用。有人认为水温及其 pH 值决定虾、蟹生成甲壳质的速度。对虾似有两个壳多糖酶系统:一个位于肝胰腺,另一个集中在消化腺。到目前为止,甲壳质本身在虾、蟹成长过程中的重要性还多为推测,尚未有定论。

国外学者研究发现,纤维素含量 20% 的饲料,对性成熟的虾有刺激生长作用。在饲料中用纤维素取代高达 30% 的预先煮熟的淀粉养殖罗氏沼虾,未发现对其生长有不良影响。罗氏沼虾消化道内具有纤维素酶。它能较好地利用纤维素,所以纤维素常作为一种食物纤维加入实验性的甲壳类饲料中。在成虾饲料中含有适量纤维素 (15% ~ 25%),既有利于沼虾生长,又利于降低成本。

## (四)维生素

维生素是大多数生物生长、代谢中所必需的微量有机化合物。某些生物体内不能合成维生素。缺少维生素会影响正常的生命活动,甚至发生疾病和死亡。在粗养和低密度精养时,天然饵料中往往能提供足够的必需维生素。在高密度精养天然饵料有限的情况下,就必需在投喂的饵料中提供维生素,以便使虾、蟹正常生长。因缺少维生素而发生的疾病称维生素缺乏症。

### 1. 维生素的分类

各种维生素在化学结构上各不相同,目前已发现 30 多

种,随着科学的发展,新的维生素仍在不断被发现。根据维生素溶解性质不同可分为水溶性维生素和脂溶性维生素两大类。前者在动物体内消化吸收得较快,排出也快,因而在动物体内积存量不多,在缺乏时其症状会很快显现。脂溶性维生素和水溶性维生素相反。

水溶性维生素如  $B_1$ (硫胺素)、 $B_2$ (核黄素)、尼克酸和尼克酸胺、 $B_6$ (吡多醇)、胆碱、肌醇、泛酸、生物素(维生素 H)、叶酸、 $B_{12}$ (钴胺)、维生素 C(抗坏血酸)等。

脂溶性维生素,如维生素 A、D、E、K 等。

胆碱、肌醇、维生素 C 称为三种水溶性必需营养因子。这三种物质在饲料中添加量较多,有时不仅作为维生素添加,而且作为必需营养成分。

## 2. 维生素的需要量

维生素的需要量随着动物体格大小、年龄、生长率、环境因子及营养间相互关系的影响而不同。但对这些变量的定量作用尚不能作出适当估算。在实际应用中可采用多种途径来测定维生素的需要量。如实验室中,可用投喂缺乏特定维生素的精制饲料的方法来测定定性、定量的需求等。

由于考虑被动物摄食以外等方面的额外损耗,一般维生素的添加量,为生长测定最低需要量的 2 倍以上。这些额外损耗大约有以下儿方面:

①饲料加工贮藏时,某些维生素被破坏。例如维生素 C 氧化问题;热、湿度 pH 值改变,某些金属的存在以及脂类氧化等,都可能加速其氧化。为保证饲料中易氧化维生素的足

够含量，应使用保护型维生素强化饵料，限制使用氧化脂肪，重视贮藏条件，制成的饲料及时投喂。

②某些饵料成分含有天然存在的抗营养因子，可能降低饲料的可利用性及降低某些维生素的功能。

③由于虾、蟹的摄食习性，饲料投喂后，往往要在水中滞留几个小时方被完全摄食。另外由于饵料各组分中维生素含量变化很大，为简便、安全起见，往往把一部分维生素含量不作为需要量来计算或认为不能满足虾、蟹维生素需要量来看待，因此配制饲料中强化饵料。这也是维生素超量供给的原因。

各种动物对维生素需求不尽相同，某些维生素对一种动物是必需的，而对另一种动物则不是必需的。例如维生素 C 可在人、小白鼠体内合成，而人和灵长类动物则不能，必需靠外源供给。又如，对虾对各种维生素需求所产生的生理作用与人并不相同，维生素 D 对人有抗佝偻病的生理功能，而在对虾中，其生理作用与人不同。

### 3. 几种维生素简介

#### (1) 维生素 A

自然界中存在两种维生素 A 即  $A_1$  和  $A_2$ 。前者在海水鱼肝油中，后者在淡水鱼肝油中。生理作用是  $A_1$  大于  $A_2$ 。维生素 A 易氧化，对热稳定，无氧条件下加热到  $120^{\circ}\text{C}$  而不分解。易被紫外线破坏。对虾体内含少量维生素 A，70 克鲜对虾中含维生素 A 360 国际单位。幼体较易缺维生素 A 而成年者肝中往往有较多贮存。

### (2) 维生素 B<sub>1</sub>

其分子结构中含硫和氨基,故也称硫氨素。在溶液中维生素 B<sub>1</sub> 不稳定,煮沸 1 小时,1/2 量被分解,但对干热稳定,需达 180℃,1 小时才失去效用。对氧稳定。在酸、碱溶液中或紫外线照射时分解。70 克鲜对虾可食部分含维生素 B<sub>1</sub> 0.01 毫克。

### (3) 维生素 B<sub>2</sub>

其分子结构中含核糖和异咯嗪。异咯嗪显黄色,故称维生素 B<sub>2</sub> 为核黄素。光照促进分解,对热及氧化作用有耐性。70 克鲜对虾可食部分含维生素 B<sub>2</sub> 0.11 毫克。

### (4) 维生素 B<sub>6</sub>

有三种:吡多醇、吡多醛和吡多胺,总称维生素 B<sub>6</sub>。对热稳定,对碱和光不稳定。广泛存在于动植物体内。日本学者曾经试验,在缺维生素 B<sub>6</sub> 时虾的成活率显著降低。

### (5) 胆碱

具有强碱性,为白色黏稠液体。自然界除游离型外,多分布于磷酸盐及磷脂中。食品中如蛋黄、肝脏、豆类中较丰富。性质较稳定,但可被碱分解。

### (6) 肌醇

是六羟基环己烷。白色结晶具甜味,有多种异构体,其中的内消旋肌醇具生理活性。以游离型或其磷酸盐的植物酸钙镁形态广泛分布在植物及一些动物体内。

日本学者在用缺胆碱或肌醇的饵料投喂虾时,30 天后成活率下降,约在 40 天时近半数死亡。在投喂缺胆碱或肌醇饵料 20 天后开始改投具有以上物质饵料进行恢复试验,结果死

亡率明显下降。证明胆碱和肌醇明显有益于日本对虾的成活和增长。

为提高虾的成活率和增长率,满足对虾正常生长的需要,每 100 克饵料需含氯化胆碱 60 毫克;肌醇 200 毫克。但是虾对肌醇的需要量因饵料中含糖量的高低而不同。

### (7) 维生素 C

又称抗坏血酸,是一种结构最简单的维生素。还是一种非常有效的还原剂。广泛存在于植物,新鲜水果、蔬菜中。

维生素 C 溶于水,呈酸性,在水溶液中极易被氧化。光、微量重金属(如铜、铁)能促进其氧化。由于在日光、空气中维生素 C 不稳定,所以在配合饲料制备过程中往往损失量达 90% 以上。

有人在试验中观察到对虾的蜕皮次数随维生素 C 含量增加而增多,指出对虾对饲料中维生素 C 的需要量随蜕皮周期中的各个阶段而不同。估计对虾对维生素 C 的需要量为每 100 克饵料中需要 500 毫克。当缺少维生素 C 时,特别在高温时易使对虾大量死亡。缺乏维生素 C 也是引起日本对虾黑死病的原因,染病对虾的甲壳下结缔组织中以及头胸甲、鳃、腹部和消化道上出现黑斑。缺乏维生素 C 还使对虾减少了蜕皮次数。

国外有人做了罗氏沼虾对维生素 C 需要量的研究,饲料中维生素 C 含量从 0 升高到  $100 \times 10^{-6}$  升,罗氏沼虾成活率逐渐升高,并得出了罗氏沼虾对维生素 C 适宜需要量为每千克饲料 104 毫克的结论。

### (8) 尼克酸

也称烟酸。结晶体呈针状,能溶于水及酒精,在酸、碱溶液中较稳定,在通常烹调温度下也较稳定。

尼克酸存在于米糠、酵母、肉、鱼、乳、卵中。人体中以尼克酰胺形式存在。有防治癞皮病的功效,所以也称抗癞皮病维生素。

尼克酸是辅酶Ⅰ和辅酶Ⅱ的组成部分,氧化过程中传递氢离子。缺乏时糖代谢受阻。糖是神经组织唯一能利用的营养物质。所以癞皮病主要特征是神经失常。 70 克对虾体内约含尼克酸 1.7 毫克。



## 二、虾、蟹的摄食和生长

虾、蟹的摄食和生长与其身体构造、生理特性及生长特性等有关,同时也与环境条件、饵料种类等相关。

虾、蟹类都是甲壳动物。蟹类是十足目中短尾类。虾类则为多种甲壳动物类群的总称,其中端足类、糠虾类、磷虾类以及十足类中许多动物均称之为“虾”,而本书的虾是专指十足目中的一些种类。虾类以腹肢发达程度及游泳能力分游泳虾类和爬行虾类,前者主要包括对虾类、真虾类;后者主要是龙虾类、螯虾类。虾形动物身体修长,腹部发达,大多有发达的额角。蟹类的身体多扁平,腹部不发达或退化、折叠于头胸部之下,主要活动方式为爬行,游泳能力较差。

### (一) 虾、蟹的摄食特性

虾、蟹的摄食是依靠感觉器官感受食物而完成的。其感觉器官主要有化学感受器、触觉器及眼等。化学感受器的结构、功能与定位目前研究不多,一般认为第一触鞭为十足动物的特化嗅觉器官,此外口器与螯足上也分布有化学感受体,可感受嗅觉和味觉。嗅觉器官与复杂的中枢神经联系,可感受到较低浓度的刺激物,而味觉器官的神经联系较简单,需要较高浓度的刺激物。触觉感受器主要分布于体表的各种刚毛、绒毛结构及平衡囊。各类感受触觉的刚毛、绒毛又称感觉毛、

触毛,一般遍布在全身甲壳表面,分布方式因种类不同而异。通常附肢上存在有多种感觉毛用来感知触觉。第二触鞭认为是检测振动的特化器官。触鞭上各节均有刚毛。虾类活动时两触鞭向左右及背侧弯曲,平行伸向躯体后方,用来感受周围的振动。平衡囊是特化的触觉器,位于第一触角底节基部,起平衡身体的矢轴旋转。

虾、蟹类感光器官为眼。成体虾、蟹类具有装在眼柄上的复眼。复眼由许多小眼组成,数目因种类而异。

虾、蟹类依靠以上感觉器官进行觅食活动,其中以嗅觉和触觉为主。因此在配制饵料、投喂、管理时均应根据蟹、虾这些生理特点及摄食行为特点来进行。

### 1. 摄食习性

绝大部分虾、蟹类在底栖生活,从其栖息习性、体型、口位来看是从底层水体中摄取食物的。而大多数虾、蟹类又是杂食或腐食者,少数则为肉食者或植食者。

虾、蟹类饵料范围很广,通常分为碎屑、微生物、植物和动物几大类。碎屑是虾、蟹类饵料的重要组成成分之一,其成分复杂,由底质中的植物碎片、有机颗粒以及微生物等聚集形成,在虾、蟹类的胃中大量出现。微生物所占比例极小,通常附着在碎屑及植物上而被摄食。植物在虾、蟹类胃中出现频率有时很高,一般认为是容易被取食到的缘故。某些虾、蟹类在发育的特定阶段大量摄食植物性饵料,如虾类的蚤状幼体。某些蟹类在动物性饵料匮乏时也大量摄食植物。植物性饵料包括微型藻类、大型藻类、高等水生植物及某些陆生植物。动

物性饵料包括多种动物类群,主要有甲壳动物、软体动物、多毛纲动物、有孔虫及小型鱼类。也包括落入水体中的陆生昆虫等。在人工养殖时,虾、蟹摄食投喂的麦、玉米粮食作物和南瓜、山芋、薯类等,以及摄食作为青饲料的多种陆草、水草、畜禽下脚料并摄食人工培育的各种饲料动物。在食物缺乏时会大量捕食刚蜕皮的或较小的同类。

由于栖息水域不同、环境差异、季节变化以及处在不同发育期、虾、蟹类的食性及饵料组成均不相同。由于虾、蟹类幼体多营浮游生活,一般以浮游藻类、原生动物及水中的悬浮颗粒为食。随着幼体逐渐由浮游生活向底栖生活转变,其饵料组成也由以浮游生物为主转向以底栖生物为主。

成虾主要摄食底栖甲壳类,也喜食贝类,尤以双壳贝类更甚;还食多毛类、蛇尾类、小鱼及藻类;沉入水中的碎屑,甚至沙粒等也常出现在虾类的胃中。而成虾通常不摄食微型藻类,浮游动物在虾胃中的出现频率也大大低于底栖动物。成虾摄食细微饲料能力也大为降低。

大多数蟹类为杂食者,食性和虾类大体相同。梭子蟹科的种类多为肉食者,一般捕食双壳类、腹足类、小型甲壳动物和鱼类。某些蟹取食植物或水中的沉积物。总的来说,多数虾、蟹类是以食底栖小型动物为主的杂食性动物。

虾、蟹类觅食主要依靠嗅觉和触觉,一般以螯足来探索,摄取食物,一旦发现食物,便用螯足及颚足抱持食物送进口中。大颚用来撕扯、切割和磨碎食物,小颚用来协助把持、咀嚼食物。

虾类多在水底爬行,行进中使用步足在身体两侧摆布以

探查食物,有时也用步足在水底探查,一些虾用步足抱住饵料且游且啃;有些虾则是停留在水底进食。蟹类在捕食时或潜伏等待被捕食者靠近,而后攻击或主动追逐被捕食者,以大螯攻击并猎获食物,一些游泳力强的甚至可以攻击追捕鱼类。通常蟹类多攻击双壳贝类或腹足类,以螯足钳碎贝壳和螺壳而食其肉质。虾、蟹类都有自相残食的习性,攻击刚蜕皮的同类,甚至在蚤状幼体时期即可看到相互残食的现象。密度过大,饥饿状态以及受到伤残都是相互残食的促发因子。

虾、蟹类的摄食强度在不同生活阶段、不同生理时期有很大的差异。在适温期、快速生长时期的摄食强度大,这时如检查虾、蟹体,会发现多数个体的胃处在饱满或半饱满状态。在冬季水温较低情况下,摄食强度较低,空胃、残胃者较多。在越冬场越冬时,及洄游途中摄食强度不高,空胃个体比例较大;到达产卵场之后摄食强度大大增强,这表现出对索饵育肥、产卵繁殖的适应。在交尾季节,雄性个体通常摄食强度较低。据测,空胃、残胃个体可达 60% 以上,然而当交尾结束便强烈索饵。虾、蟹类在环境不良或在病理状况下,摄食强度大大下降,甚至完全停止摄食,这可帮助判定虾、蟹的健康状况。

一般认为大多数虾、蟹类没有偏食性。然而在自然条件下或是人工养殖时,也可以观察到虾、蟹的偏好。例如,同时投喂小杂鱼和麦粒时,河蟹先选小杂鱼摄食而剩下麦粒。另外,虾、蟹虽然也兼腐食性,但是,同时喂饵时则表现出明显的对新鲜饵料的偏爱。在配合饵料中,表现为对沉降性的硬颗粒饵料的适应性。

许多虾、蟹类具有明显的摄食周期。通常在白天潜伏,夜

间出来觅食,一般在日落之后活跃,捕食旺盛,所以夜间摄食明显多于白天。在蜕皮时一般不摄食,往往在蜕皮前后的数天内停止摄食。所以在人工养殖中可依据摄食情况来判断是否开始出现蜕皮,以便采取相应的管理措施。在人工条件下培养虾、蟹幼体时,除了在蜕皮变态时有较长时间的摄食停顿外,一般观察不到有明显的摄食周期。虾、蟹摄食周期是与其消化酶活性高低变化相适应的。如果能在此种酶活性的高峰期投饵,便会使饵料得到较好的利用,也会提高养殖的成活率和增产效果。

## 2. 摄食量

利用虾、蟹的摄食习性、充分调动其最大食欲,提高饵料利用率,无疑对养殖生产是很重要的。

虾、蟹类的食欲是由空腹这个生理条件而引起的,也受饵料的色、香、味等的影响。也就是说饵料种类不同,满足虾、蟹食欲的饵料量也是不同的。一次连续投饵使虾、蟹吃饱的饵料数量称饱食量。虾、蟹饱食量随体长或体重的增加而增加,也随虾蟹的嗜好而变化。例如当一种饵料投喂达到饱食量后,再投它们更喜爱的饵料仍能促使虾、蟹继续摄食。

影响虾、蟹饱食量的因素很多。例如,饵料种类、消化速度,体格大小、水温、水质等。研究虾、蟹饱食量是为了确定每日投饵次数和数量,使日投饵量与虾、蟹日摄饵量相适。这对提高虾、蟹养殖的经济效益有重大意义。一般虾、蟹饱食量与以下几点相关:

①投喂时间间隔。八柳健郎等人研究日本对虾对饵料消

化时间,认为从摄饵到完全排除粪便约需 5~6 小时。包仲廉等人观察了几百次达 1 万多尾虾从空胃到饱胃复至空胃的变化情况,结果表明,投喂配合饵半小时至 1 小时,大部分虾由空胃变饱胃。若投喂生鲜饵则需 1~2 小时。大部分饱胃的虾经 4~6 小时又呈空胃状态。据此提出每日投饵 4 次的方案,使虾的摄饵与消化处在周期性状态。

②水温。在适宜的水温范围内,水温越高,饱食量越大,生长也快。以养殖对虾为例,8 月份水温最高,生长最快;7 月份比 9 月份生长快;到 10 月份水温比 9 月份更低,因而生长就更迟缓。野生对虾生长规律与上述相似。

③体重或体长。虾、蟹口摄食量随体长或体重的增加而增加。口摄食量与体重之比称口摄食率。口摄食率随虾、蟹体长或体重的增加而下降。

④水质。虾、蟹摄食量受水质的影响。据报道,水中氨氮量在 500 毫克/米<sup>3</sup> 以下时,每尾亲虾每日摄食蛤肉 5.1 克;当氨氮量达 4 000~5 000 毫克/米<sup>3</sup> 时,摄食量则降到 1.5 克。

⑤投饵方式。虾、蟹摄食量与投饵方式有关。在其胃排空、消化酶活性最高时,摄食量较大;当先投喂一般性饵料,再投喂喜食饵料时摄食量同样较大;投喂前后采取增氧措施能使其摄食量增大。

⑥促进摄饵物质。虾、蟹类的索饵和摄饵行动受饵料传来的物理性刺激以及饵料中溶出的物质成分的化学刺激而引起感应。促摄饵物质能增进虾、蟹的摄食量。添加不同促摄饵物,能制成多种先进饲料,可将营养丰富,但虾、蟹不喜食的

物质变成优良饲料、开口饲料以及各种专用饲料。

## (二)消化和吸收

虾、蟹类在进行新陈代谢过程中,不仅要从小外界摄取氧气,还要不断地从小外界摄取各种营养物质。无论是天然饵料还是人工饵料,其营养物质如蛋白质、脂肪和糖类,一般都是难于溶解的大分子物质,其分子结构也极为复杂,不能直接为虾、蟹所利用,必须在消化道内经过分解,变成结构简单的可溶性化学物质如氨基酸、甘油、脂肪酸、葡萄糖等,才能透过消化道黏膜的上皮细胞进入血液循环,供虾、蟹组织所利用。食物在消化道内的这种分解过程称为消化;食物经过消化后,透过消化道黏膜进入血液循环的过程,称为吸收。消化和吸收是两个相辅相成的、紧密联系的过程。广义的消化也包括吸收过程在内。

消化道对食物的消化有两种方式:一种是通过消化道肌肉的收缩过程,将食物磨碎,使食物与消化液充分混合,并不断地向消化道下方运送,这种消化方式称机械性消化;另一种是通过消化腺的消化液来完成的消化方式。消化液中含有各种消化酶,分别对蛋白质、脂肪和糖类等物质进行化学分解,使之成为可被吸收的小分子物质,这种消化方式称化学性消化。正常情况下,这两种方式的消化作用是同时进行并互相配合的。

## 1. 虾、蟹的消化系统

虾、蟹类消化系统由消化道和消化腺组成。消化道包括口、食道、胃、肠以及肛门。根据发生来源可分为外胚层发育而来的前肠、后肠以及中胚层发育而来的中肠。

前肠包括口、食道和胃。口位于头胸部腹面,虾类的口为上唇及口器所包被,蟹类的口则深入在口框内部,外面为口器附肢所遮挡。口后即为一短而直的食道,食道内壁覆有几丁质表皮,其下的皮层为单层柱状上皮,食道内口开口于胃,胃在头部的前面、口的上方。胃分为前、后两腔,前腔称为贲门胃,后腔称幽门胃,胃的表面亦覆盖有较厚的几丁质表皮。胃内有几丁质结构的胃磨,呈齿板构造用来磨碎食物,幽门胃中有复杂的几丁质刚毛及骨片。用来过滤食物糜。爬行虾类在胃壁的前侧方两侧各有一胃石,用于在蜕皮时提供部分体钙。

中肠为一长管状器官,从胃后消化腺开口处向腹部后端延伸直至第六腹节处与后肠相连。在与胃及后肠相连处分别有中肠前盲囊和中肠后盲囊存在。盲囊的功能不详,在虾、蟹各类群中,盲囊的数量、位置及形态有变化。蟹类等腹部不发达且折叠的种类,其肠呈“U”形弯曲又折向前方。中肠内层由单层柱状细胞组成,分为分泌型中肠细胞和吸收型中肠细胞两类。中肠分布有连续环肌及成束的纵肌以完成肠的蠕动功能。

后肠短而粗,肌肉发达,内表面有几丁质表皮覆盖。在幼体内,周围肌肉作用推动肠道蠕动使粪便进入直肠排出。肛门呈狭缝状,位于尾节腹面。



消化道除中肠外,都有几丁质膜覆盖管腔壁,这几丁质膜在蜕皮时也会一起蜕掉。

消化腺为一大型致密腺体,位于头胸部中央,心脏前方,包被在中肠前端及幽门胃之外,称消化腺或中肠腺或肝胰脏。肝胰脏由中肠分化而来,由多级分枝的囊状肝管组成,最终的分枝称肝小管。肝小管具单层柱状上皮细胞构成的管壁,内为具许多微绒毛状突起的腔室,肝管内腔汇集后开口于胃与中肠相连处。

消化腺的主要功能为分泌消化酶和吸收贮存营养物质。中肠也有部分吸收功能,前肠和后肠无吸收功能。虾、蟹类摄取的食物,经大颚等口器进行初步咀嚼、撕碎后经食道进入胃中,在胃中进一步磨碎,并与来自肝胰脏的消化分泌物混合、消化。混合后,食糜经幽门胃过滤后成颗粒小于 1 微米的液体,进入消化腺管中被进一步消化、吸收,部分较大颗粒返回胃中重新消化,大部分未被消化的食物残渣进入中肠。在中肠前部分泌产生一层围食膜,包被在残渣之外,将其向后输送。肠中残渣输送是由肠蠕动来完成的,肠道有规律地蠕动,残渣在围食膜中由前向后运动进入后肠,随肛门间隙性地开闭而被排出体外。

## 2. 消化吸收率

虾、蟹食道很短,口内有板齿可咀嚼食物,但是否有酶类分泌促进消化,这点尚不清楚。肝胰脏分泌胰蛋白酶和甲壳质酶。消化道内细菌多,能增进饵料的消化吸收。虾、蟹类消化吸收系统比鱼类简单,由此可推测,从摄入饵料到排出粪

便，或从饱胃状态到空胃的时间，较消化系统复杂动物所需时间要短。

体内消化测定，一般测表观消化率，真消化率或是用指标物质法进行间接测定。

### (1) 表观消化率

可用下列消化率公式计算

$$\text{表观消化率 (蛋白质消化率) \%} = \frac{\text{摄食的氮量} - (\text{固体型粪中氮量} + \text{水溶性蛋白态氮量})}{\text{摄食的氮量}} \times 100$$

采集数据时在一定时间内投喂饲料，用投给蛋白质的量(以含氮量计)减去残存的蛋白质的量(以含氮量计)，即得实际蛋白质摄食量。然后将虾、蟹移入排泄水槽中，经一段时间(一般是 24 小时)，可测定水中排泄的蛋白质的量(以含氮量计)。

以上测法含这样的假设：

①尿中不含有蛋白态氮；

②粪中不含非蛋白态氮；

③排泄到水槽里的蛋白态氮都是未消化的饲料残渣。但实际测得的消化率可能偏低。这只能称表观消化率。若以此为依据配制饲料，应有修正幅度。

### (2) 真消化率

测定真消化率的方法是：在测定时减去投喂基础饲料时排泄的成分量，然后再从投喂试验饲料所收集到的粪便成分量中减去此量。计算公式为：

$$\text{真消化率}(\%) = \frac{\text{摄取饲料成分} - (\text{粪中排泄成分} - \text{投喂基础饲料排泄成分})}{\text{摄取饲料成分}} \times 100$$

真消化率是对表观消化的修正。由于粪中成分除饲料不消化的成分外,同时还混有非饲料来源的体内排泄成分,如体内分泌的消化液、消化管壁脱落的上皮细胞、肠道内细菌等。因此从粪中减去非饲料成分来源排泄物后,计算出来的即为真消化率。来自体内排泄成分最大量的是蛋白成分(氮成分),故称代谢性粪中排泄氮。该数据采用停食时的排泄氮(蛋白质),或采用无蛋白质饲料时的排泄氮(蛋白质)。其中无蛋白质饲料时测得的排泄蛋白氮比停食时测得的要大得多。因此必须清楚,用停食时测得的排泄蛋白氮量所算出的真消化率比由投喂无蛋白质饲料测得排泄蛋白氮量所求出的真消化率要低。

测定表观消化率和真消化率可直接收集全部排泄物(粪)也可采用间接指标物质法。前者较费时、麻烦。故目前国内外多采用指标物质法间接测定消化率。

### (3) 指标物质法间接测定

采用将指标物质如氧化铬等均匀混合在饲料中投喂,根据饲料和粪中所含单位指标物质的含量求出消化率。计算公式如下:

$$\text{消化率}(\%) = 100 - \left( 100 \times \frac{\text{饲料中的指标物质}(\%)}{\text{粪中的指标物质}(\%)} \times \frac{\text{粪中营养成分}(\%)}{\text{饲料中营养成分}(\%)} \right)$$

用指标物质间接测定,不必测定动物对饲料的摄食量和粪

便的排泄量，在流水条件下也能应用，是较为有效的一种方法。

间接法是以饲料和粪中指标物浓度为基础来计算消化率的，因此，粪中指标物质浓度必须稳定后，才能准确测定。

间接法测定的消化率通常随采粪方法、采粪时间而变化，所以对投饲量、驯养时间长短、投饲到采粪时间及采粪方法等测定条件必须标准化，这样才能测得有效的消化率数据，也便于消化率的比较。应注意不能使尿、消化液、体液或未吸收的部分混入粪中。

谢宝华等对东方对虾从摄入鲜蛤、鱼粉、熟豆饼、麦麸到排粪所需时间以及对这些饵料所含蛋白质的消化率进行了试验。除鲜蛤外，其余三种均经粉碎，以  $\alpha$ -淀粉（用量 20%）粘合，压制成直径 4 毫米、长 4 毫米的颗粒饵料，风干备用。作消化速度的试验用饵，制法与此相同，只是在配饵原料中加 0.5% 洋红染料作指示剂。测定对鲜蛤消化速度时，先投喂少量有洋红的饵料后，再投喂鲜蛤。这种方法可在其他虾蟹类上进行。具体做法如下：消化速度试验在小型有机玻璃水槽（直径 29 厘米，水体高度 22 厘米）中进行测定。每组虾 6~8 尾，在水槽中暂养 12 小时后，分别投喂试验饵料。从虾饱胃时开始计时到虾排出红色粪便时为止，记录所耗时间，作为消化时间。最后测定虾消化道（从胃前缘至肛门）的长度，计算消化速度。

饵料蛋白质消化率可在直径 60 厘米，水体高度 30 厘米水槽中进行测定。试验虾每组 20 尾，在池中暂养 12 小时，使其排空肠道，再准确定量投饵。2~3 小时后吸出残饵及粪

便,用淡水略加冲洗,分别烘干、称重、备用。按下列各式计算结果:

$$\text{消化速度} = \frac{\text{消化道长度}}{\text{消化时间}} (\text{厘米/分钟})$$

$$\text{蛋白质表观消化率} = \frac{\text{摄入氮量} - \text{粪便氮量}}{\text{摄入氮量}} \times 100\%$$

$$\text{摄入氮量} = \text{摄饵量} \times \text{饵料含氮量}(\%)$$

$$\text{摄饵量} = \text{投饵量} - \text{残饵量}$$

$$\text{粪便氮量} = \text{粪便量} \times \text{粪便含氮量}(\%)$$

配饵的蛋白质消化率计算值为配饵内各组分中蛋白质消化率的和;配饵内单种饵料成分的蛋白质消化率等于配饵内某种单种成分蛋白质的百分比乘以该种饵料的蛋白质消化率。

试验结果表明:对虾对鲜蛤消化速度最慢,对麦麸最快。动物性饵料较植物性饵料慢。饵料消化速度与表观蛋白质消化率之间还看不出什么规律性。影响蛋白质消化吸收的因素很多,如各种配饵原料所含营养成分间相互作用关系。

侯文璞等人以鲜、熟、干熟贻贝分别喂虾,结果差异很大。以喂鲜贻贝的虾增长率为 100% 计,则喂熟贻贝只为 55%;喂干熟贻贝为 45%。而这三种贻贝主要营养成分,如蛋白质、类脂质、糖、灰分等含量差异甚微,而喂虾效果相差甚大,这可能同未知促生长因子有关。

#### (4) 食性与消化酶的关系

虾、蟹类食性随生长阶段不同而有变化。与食性相适应,消化器官的形态结构及机能也起相应变化,消化酶的种类及其分泌量也与之相适应。一方面在投喂时应保证蛋白质的种

类和数量;另一方面也要考虑经济效益问题。养殖生产的目的是希望用廉价的蛋白来源换取优质的虾、蟹肉蛋白,并补充其他能源如糖和脂肪以满足虾、蟹生长和能量的需要。但应注意,补充的糖(淀粉)和脂肪在饲料中的数量要适当,否则不成配比会妨碍蛋白质消化或影响正常代谢。一种配合饲料是否适合虾、蟹类,除了从饲料营养组成的量和质两方面考虑外,还应从虾、蟹分泌消化酶的水平、酶的种类和活性等方面来考虑。在配制饲料时可以人为地去适应虾、蟹酶的质和量;另外,虾、蟹为适应饲料会发生酶在质和量上对饲料的适应,甚至使原来微弱的酶,缺乏的酶逐渐活泼或新生;使原来分泌量较少的酶逐渐增多。这种虾、蟹体内消化酶向饲料方面适应,有利于人工配合饲料的科学配制。有人在对虾饲料上作试验,发现鲜蛤不论在哪个生长阶段,其蛋白质消化率均较高,体现了鲜蛤作为虾饵的优越性。然而也发现鱼粉、熟豆饼、麦麸的蛋白质消化率,随虾体增长而有提高的趋势;认为这是由于随虾体长增加,与消化这些饵料有关的酶类的适应性增强的缘故。

实验中还发现,不仅饲料的质量对消化酶有影响,被吸收后的消化产物对酶也有影响。此外虾、蟹消化酶还受虾、蟹生长阶段、季节、饥饿程度等因素的影响。

### (三) 虾、蟹的生长

为了有效地投喂和供给营养物质(饲料),了解虾、蟹生长的特性是必要的。

## 1. 蜕皮与生长

虾、蟹类的生长和其他甲壳动物一样是通过蜕皮来完成的。Barclay 等(1983)认为在不蜕皮情况下,虾、蟹只能增加 0.003~0.004 的生长,与蜕皮后的生长相比是微不足道的。堵南山(1993)引述了 N. Peters 的研究结果:河蟹蜕皮一次头胸甲长可增加  $1/6 \sim 1/4$ ,幼小个体甚至可增加  $1/2$ 。赖庆生(1990)报道锯缘青蟹(壳宽 8.8 厘米),在人工饲养条件下,一次蜕皮平均增重率为 115.0%,最大增重率为 177.3%;甲宽和甲长分别为 8.8 厘米和 6.0 厘米的个体蜕皮后可增加 28.4% 和 30%。一般认为虾、蟹类的生长随蜕皮的发生呈阶梯式增长,这种生长特点可按如下模式来表述:两次蜕皮间动物基本维持体长不变,线性尺度基本不增加,体重则随物质积累略有增长。蜕皮后,新甲壳柔软而富韧性,通过大量吸水使甲壳扩展到最大尺度,之后由于矿物质及蛋白质沉淀使虾、蟹甲壳硬化而完成体格的线性增长,由于物质积累、组织生长而替换出体内所吸收的水分而完成真正的生长。虾、蟹类生长的特点是,在每次蜕皮后都有大量、快速的生长,而在两次蜕皮之间则几乎没有生长,使虾蟹类生长呈阶梯状的不连续生长(见图 2)。

从上述可知,虾、蟹类蜕皮对于它们本身来说是极其重要的,它影响虾、蟹的形态、生理和行为变化,是完成变态、发育及生长所必需的,又是导致畸形、死亡、被捕食的重要原因。狭义的蜕皮仅指虾、蟹类从旧壳中脱出的短暂过程,广义的蜕皮过程则是一个连续的变化过程,贯穿虾、蟹类的整个生命周

期。所以凡是影响蜕皮的因素都会影响到虾、蟹类的生长和生理活动。

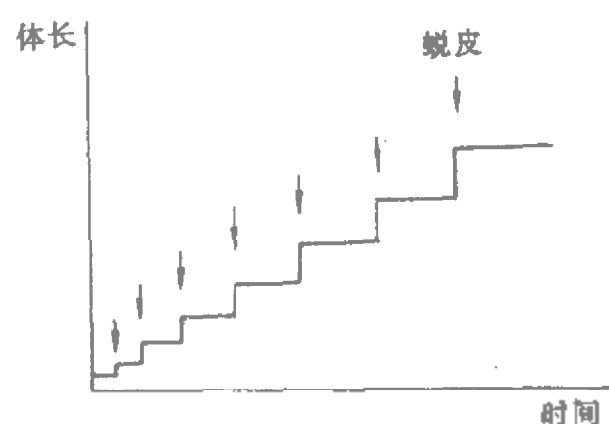


图 2 虾、蟹生长模式

虾、蟹类蜕皮多发生在夜间,光照及光周期对蜕皮是有影响的。临近蜕皮,活动频率加快,蜕皮时甲壳膨松,腹部向胸部折叠(虾),反复屈伸,食道、胃以及后肠的表皮都同时蜕下。刚蜕皮的虾、蟹活动力弱,短时不能支持身体,不摄食。幼体及仔虾蜕皮后则可正常游动。

蜕皮是复杂的生理过程。蜕皮活动要消耗大量的能量。旧壳被吸收及吸水质血液成分发生剧烈的变化,新皮合成,表皮矿化及蛋白质沉淀需要动用大量物质积累。这样,虾、蟹体内发生周期性生理变化。

蜕皮期间虾、蟹摄食停止,为了合成新皮及维持新陈代谢而动用体内贮存物质。消化腺和真皮层是主要的物质贮藏场所,消化腺中贮存有大量的脂类物质,真皮层在蜕皮之前出现贮藏细胞,旧壳在蜕皮之前则大量被吸收。钙在蜕皮中具有重要意义,表皮硬化需大量的钙。所需钙质可从旧壳中再吸



收获得,但大部分仍要从水中补充。

蜕皮过程受激素控制。切除眼柄可缩短虾、蟹类的蜕皮间期。温度升高可引起蜕皮周期缩短。对蜕皮有影响的还有光照及光周期,持续光照或持续黑暗对滑背新对虾的蜕皮有抑制作用;中国对虾产卵之后在正常光照条件下蜕皮率是 18.8%,而在黑暗条件下是 60%。一般来说,虾蟹多在底栖生活,不喜强光。人工条件下观察到:强烈的日光照射下中国对虾孵化率低,幼体畸形率多,死亡率高。养殖池塘水的透明度过高也使虾生长减慢。在不良水质条件下,虾、蟹生长减慢。低氧条件下蜕皮间隔延长。另外,虾、蟹群居的密度会影响其生长,较高的密度导致生长降低。

## 2. 饲料与生长

虾、蟹所需的营养物质主要来自饲料,因此饲料和生长密切相关。在养殖虾、蟹时用饵主要应考虑饵料效果,但是,饵料来源、价格、储运、使用条件,使用某种饵料时的水质环境,饲料中添加成分等也是不容忽视的。所以需要精心设计,从多方面来选定比较适合饲料。

(1)鲜饵与冻饵:鲜饵与冷冻饵投食效果不同。当水温低时投喂鲜饵或冷冻饵对虾的生长率和成活率都没有显著差异。而当水温达 30℃时投喂冷冻饵的虾,1 个月后死亡率上升,生长明显停滞。因此在水温高的条件下,不宜单独使用冷冻饵。然而气温高时,鲜饵不易保存,所以有人试验用鲜饵与冷冻饵配合使用,以弥补单喂冷冻饵所产生的缺点。用 75% 的冷冻饵与 25% 的鲜饵配合使用可提高冷冻饵的饵效。

(2) 少量的鲜饵对大量使用的配饵起到一种“增效剂”的效果。该结论也是在虾上得出的。从成活率和增长率或相对增长率等方面看,鲜饵与配饵兼用,较两者单用的效果好。可能是配饵和鲜饵两者有营养互补作用。侯文璞等人(1982年)用全价配饵、全价配饵和鲜蛤、鲜蛤三组饲料养虾,结果用配饵兼用 1/7 鲜蛤(为总饵投量)比全用配饵虾的增长率提高 28.4%,然而以鲜饵投喂的效果最好。这些结果提示我们,到目前为止投喂配合饵料时,虾的生长速度比不上投天然饵料(如双壳类)时的生长速度,但要进行规模生产必需使用配合饵料,因此,我们一方面应不断改进配合饵料的营养配比和投喂技术;另一方面可搭配少量鲜饵以弥补配合饵料之不足。

(3) 目前许多配合饵料是将生干或熟品进行粉碎而制成的,这可能是配合饵料饲喂效果较生鲜饵差的重要原因。因为影响生长快慢的一个很重要的因素是虾、蟹对饵料的消化吸收是否充分。一般动物对饲料的消化吸收过程大致存在三种作用:其一,饲料受动物分泌的各种酶的化学作用;其二,饲料受生长在动物消化道中微生物的作用;其三,饲料受到其本身所含酶的化学作用。用配合饵料养虾,影响最大的是第三种作用。在配制饲料过程中,由于加热、干燥、粉碎等会使蛋白质变性,饲料本身固有的酶或其他活性物质被破坏,某些成分变质,从而会降低饲养虾的消化吸收能力。为了摄食效果,加工过程也进行粘压成型、但投喂饲养效果较低是在所难免的。如果饵料本身含有消化酶,对虾本身所含的消化酶会产生影响。例如,用含有消化酶的鲜蛤喂虾,虾本身的消化酶活性也高,因而对鲜蛤的消化吸收良好,虾生长良好。用失去活

性的冻干鲜蛤肉或配饵投喂，虾本身消化酶活性也低，对这些饵料的消化吸收不良，因而其生长不如喂生鲜饵的。

(4)在池塘中养殖成蟹,由于水草缺乏,饵料种类少,营养不全面,往往造成河蟹蜕壳次数减少或不蜕壳,后果是个体小、体色深、甲壳硬、品质差、效益低。蜕壳素是一种固醇类激素,又称蜕皮激素,河蟹的蜕壳必须在蜕壳素作用下,才能完成。在人工饵料中添加蜕壳素后,与不加蜕壳素相比,不仅产量有明显提高,而且可做到同步蜕壳。据试验,在同样面积、水深、水质的池塘,放养蟹种时间、规格和数量相同,投饵数量和质量相同,在同一管理水平下,试验池在饵料中添加 0.1% 蜕壳素,而对照池不添加。收获时,试验池的成蟹亩产量(200.4 千克)比对照池(105.2 千克)增产 90.5%,试验池成蟹平均出塘规格(125.4 克)比对照池(102.6 克)增长 22%。同时,从每次蟹壳体长测定值分析,添加蜕壳素的试验池中河蟹近似体长的数量占测定总数的 70%~83%;而不添加蜕壳素的对照池中,每次蟹壳近似体长数量仅占测定总数的 41%~63%。可见添加蜕壳素后,蜕壳的同步率明显地上升了,这使得蜕壳期自相残食机率下降,成活率增加了 22.9%(见表 3)。

表 3 成蟹池添加蜕壳素促长试验

池塘类别	放养规格 (克/只)	亩放量 (千克)	亩投饲量 (千克)	出塘规格 (克/只)	亩收获量 (千克)	成活率 (%)
试验池	3.3	8.24	559.2	125.4	200.4	64
对照池	3.3	8.20	559.2	102.6	105.2	41.1

(5) 饵料的质与量以及虾、蟹的摄食习性和其生长有关。例如用豆饼、菜饼、米糠、螺蛳分别喂青虾结果差别明显。几种饲料的主要成分(见表4)。

表 4 试验饲料成分分析(%)

饲料	水分	干物质	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	灰分	磷	钙
豆饼	10.7	89.9	40.9	3.57	4.34	35.69	5.46	1.30	0.58
菜饼	10.2	89.8	24.64	1.06	7.10	41.66	15.34		
米糠	11.0	89.0	13.68	17.9	6.84	37.02	13.56	5.57	0.32
螺蛳	78.2	19.67	16.87	0.47			3.82		

从表4中可看出,豆饼是最富营养的饲料。用豆饼饲养青虾的饵料系数最小,生长最快,成活率也高;而菜饼营养成分远低于豆饼,粗蛋白、粗脂肪含量约为豆饼的 $1/2$ 及 $1/3.5$ 。其中不能被虾利用的纤维素却为豆饼的2倍。因而用菜饼投喂青虾的饵料系数高,成活率也较低。在试验期间喂豆饼后,虾的个体增重约3倍,而喂菜饼的虾个体增重仅2倍多一点。给成虾喂豆饼其成活率为77%,而投喂菜饼其成活率只有53%。青虾在幼体阶段和成虾阶段摄食方式有所不同,幼体阶段主要以浮游生物为主,而到3厘米左右成虾阶段则以用附肢抱住食团啃咬为主。因此,在第一阶段即幼虾时期用米糠喂食的饵料系数较低,仅次于豆饼,说明该阶段可较好地利用投喂到水中的细小米糠。而到第二阶段试验,青虾体长已达3厘米左右,此阶段米糠投喂的饵料系数与第一阶段相比增大了3倍多,这说明该阶段青虾已不能适应摄食细小的米

糠，造成很大的浪费。投喂螺蛳的饵料系数比投喂豆饼的饵料系数高 1.2 倍，这主要是螺蛳腹足部分甚坚韧，青虾口器无法很顺利地切碎利用的缘故。以上说明，在投喂饵料时还必须考虑到虾、蟹不同时期的摄食特点，以便取得最佳投喂效果。

## 三、虾、蟹的饲料来源及人工培养

虾、蟹类饲料来源范围很广,包括微生物、植物、动物及其尸体形成的有机碎屑,以及人工养殖中使用的各种商品饲料。植物性饵料包括微型藻类、大型藻类、高等水生植物及某些陆生植物。动物性饵料包括多种动物类群,主要有甲壳动物、软体动物、多毛纲动物、有孔虫及小型鱼类等。甲壳动物中主要有桡足类、枝角类、异足类、糠虾类、毛虾类以及真虾类、对虾类等,小型蟹类也是饵料成分之一。软体动物主要有双壳类及腹足类动物。蛇尾类等棘皮动物也经常被虾、蟹类所捕食。

### (一) 虾、蟹饲料营养评价

在人工养殖中,虾、蟹饲料的营养评价对指导饲料的合理利用和促进虾、蟹产率的提高具有重要意义。对饲料进行营养评价的指标和方法较多,往往从几个方面作出综合的评价。

在进行饲料的营养评价时,首先考虑的是饲料的营养成分。例如,饲料的蛋白质水平、氨基酸及维生素、热量的含量等指标。用这些指标给饲料一个最基本的评价,也是最表观的评价。一般来说蛋白质含量高、限制性氨基酸含量高的饲料营养价值高。在配合饲料中首先考虑的就是蛋白质水平,所以对饲料营养评价时,对饲料成分的分析是最基础的工作。

然而根据饲料营养成分分析作出的评价是极其表观的,这是饲料自身特性所决定的,例如,植物性饲料的可消化性不如动物性饲料,植物性蛋白质不如动物性蛋白质生理学价值高,所以对饲料的营养评价应从动物的生长和饲料效率、动物对饲料营养成分的消化率、饲料的核心部分——蛋白质和氨基酸的价值诸方面进行。此外,也有以能量为指标进行评价的。由于饲料的品种不一,其营养物质被消化吸收的程度也有差异,而且只有被虾、蟹所消化的成分才是有效成分。所以消化率的测定是进行饲料评定最基础的方法之一。消化率测定前面已述及,此处不再重述。

### 1. 生长试验

通过生长试验可观察饲料的营养效果和转化效率。生长试验应在可控制的室内生态环境条件下进行。作为生产性的试验也可在池塘中进行。但必须考虑到池塘养殖的特点,我国池塘养殖是以混养方式进行的,混养种类、比例关系,以及池塘天然饵料的生产力水平都可以不同。为此,试验必须设对照池塘,且池塘条件尽可能一致。最好是单养或仅适当搭配滤食性鱼类,以改善和控制水质。

在水簇箱或水泥池流水单养条件下进行饲料对虾、蟹生长效率的试验,可避免池塘混养及多种生态因子的干扰,能对虾、蟹饲料价值进行较准确的评价。

进行虾、蟹生长试验,必须保持水温恒定,注意溶氧及其他水质指标的变动,使试验虾、蟹尽量处在良好的状态中。同时还必须注意投饲技术,投喂量前后应保持一致。

常用的试验指标有:相对增长率、特定增长率、饲料系数、饲料转换率等。

(1)相对增长率(RG):即生长重量占最初放养时体重的百分比。

$$RG = \frac{W_t - W}{W} \times 100$$

$W_t$ : 在  $t$  时间后的体重;  $W$ : 最初放养时的体重。

(2)特定增长率( $\alpha$ ):其计算公式为

$$W_t = W \left( 1 + \frac{\alpha}{100} \right)^t$$

$t$  为饲养时间;  $W_t$  为  $t$  时间后的重量;  $W$  为放养时的重量。

(3)饲料系数

饲料系数是我国最常用的指标之一,与畜禽的料肉比含义大体相当。计算公式为:

$$\text{饲料系数} = \frac{F}{W_t - W}$$

$W_t$  为收获时的总重量;  $W$  为放养时的总重量;  $F$  为饲养期投喂饲料总重量。

根据国际营养学会的定义,饲料系数为增长单位重量(湿重)所消耗的干饲料重。

饲料系数亦有称增肉系数的。

(4)饲料效率

定义为:单位干重饲料所产生动物体重的百分数,实际上是饲料系数的倒数。



$$\text{饲料效率}(\%) = \frac{W_t - W_0}{F} \times 100\%$$

$W_t$ 、 $W_0$ 、 $F$  与饲料系数公式所示相同, 饲料效率有时亦称饲料转换率。

## 2. 蛋白质营养价值评定

饲料中蛋白质是最为重要的营养素。饲料中的蛋白质被虾、蟹消化、利用的程度是饲料营养价值评定的核心。常用的评定方法有蛋白质效率、净蛋白质率、蛋白质净利用率、生物价等。此外尚有以蛋白价和必需氨基酸指数作为评定指标的。

### (1) 蛋白质效率(PER)

亦称蛋白质利用效率。即水产动物净增重与饲养期饲料蛋白质摄食量之比。用公式表示为

$$\text{PER} = \frac{\text{体重净增加量}}{\text{饲料蛋白质摄食量}}$$

评定蛋白质效率是在各组饲料的蛋白质含量一定而其他营养素含量也大体一致的条件下进行的, 经喂养试验, 比较各组间水产动物净增量与蛋白质摄食量。PER 愈大, 该饲料营养愈好。同种饲料的蛋白质含量水平高, 则 PER 低; 反之则 PER 高。一般来说动物性蛋白质优于植物性蛋白质。在植物性蛋白质中, 小麦芽、豆饼以及棉籽饼都是较好的饲料。

### (2) 净蛋白质率(NPR)

所谓净蛋白质率基本上与 PER 相同, 只是在考虑体重增加的同时, 也将维持体重的部分考虑在内, 即加上维持体重的

量：

$$NPR = \frac{\text{蛋白质饲料组的体重增加量} - \text{无蛋白质饲料组的体重减少量}}{\text{蛋白质摄食量}}$$

在试验时设置一组进行无蛋白质饲料喂养，经无蛋白质饲料喂养后减少的重量即看作是维持量。

### (3) 蛋白质净利用率(NPU)

主要用于测定动物体氮含量与饲料蛋白质氮摄取量的关系。

公式为：

$$NPU = \frac{\text{试验组动物体氮含量} - \text{无氮饲料组动物体氮含量}}{\text{试验组氮摄入量}} \times 100\%$$

### (4) 蛋白质生物价(BV)

饲料所含蛋白质的可消化部分的利用率，称为生物价。生物价也称蛋白质的生理价值。

$$\text{蛋白质的生物价(BV)} = \frac{\text{氮的保留量}}{\text{氮的吸收量}} \times 100\%$$

不同来源的等量蛋白质有不同的蛋白质利用效率，这主要是由于不同蛋白质氨基酸组成的差异造成的，如某种饲料蛋白质的氨基酸组成较全面，其生物价就高。因此，不同的饲料有不同的生物价。将一种生物价低的蛋白质饲料与他种蛋白质饲料混合喂食，其生物价往往增高。这种作用称互补作用，即蛋白质氨基酸的互补作用。这也是配合饲料的理论依据。

### (5) 蛋白质氨基酸的化学评定

氨基酸，特别是必需氨基酸的组分及相互间的比例与饲喂动物体蛋白质的氨基酸越接近，饲料蛋白质的生物价愈高。

因此,在动物营养上,用标准参考蛋白质与试验饲料蛋白质中必需氨基酸的化学值的比率来评价其营养价值。

①蛋白价(PS):蛋白价是试验蛋白中第一限制性必需氨基酸与标准参考蛋白(全卵蛋白质)中相应的必需氨基酸的百分比。

②必需氨基酸指数(EAAI):试验蛋白质中各种必需氨基酸供给量与在全卵蛋白中相应的各种氨基酸含量之比的 $n$ 次根。

化学评定法主要用于畜禽饲料中,水产上已引起重视。

有关以能量为指标对饲料营养价值进行评定(如饲料的可消化能等)还在进一步研究之中。

## (二)饲料种类及营养价值

饲料包括细菌、有机碎屑、植物性饲料、动物性饲料以及人工养殖过程中各种商品饲料。

### 1. 细菌

细菌在物质循环中起重要作用,是主要的分解者,也是水生动物和鱼类的重要食物,是一种高蛋白饵料。过去认为,细菌仅附着于腐屑上面时才被鱼类等水生动物摄食,近年有学者指出,水中浮游细菌通常有半数以上聚结成块状或膜状聚集体,可被鱼类滤食,也可被虾、蟹,特别是幼体阶段的虾、蟹摄食。

细菌的数量和种类受到有机物含量、水温、pH值、水生生

物及水质等的综合影响。池塘施肥、投饵可大幅度提高细菌的种类、现存量和生产量。没投肥的池塘以杆菌为主,另有部分球菌和少量的固氮细菌、铁细菌等。施肥后,杆菌数量急增,球菌及其他细菌种类、数量都增多。未施肥池塘细菌数 200 万~300 万个/毫升,生物量 2~6 毫克/升。施肥池塘细菌数达 500 万~2 000 万个/毫升,生物量达 5~25 毫克/升。根据有关学者在无锡地区一些鱼池的观测,总菌平均量可达 730 万~2 350 万个/毫升,以施用鸡粪的池塘最高,施猪粪与之相近,施牛粪的池塘和未施肥的对照池则低得多,其中球菌占 79.7%~94.4%,杆菌占 4.4%~18.6%,丝状菌占 1.0%~1.8%。各池都在 7 月中旬至 8 月中旬相继出现数量高峰。池塘养殖,可加快水中物质循环,促进细菌繁殖。据测,鲤的放养密度与腐生细菌数量呈正相关,而放养鲢、鳙等滤食性鱼类,可起到调节细菌数量和改善水质的作用,可使细菌数量长期稳定在 1 800 万~2 500 万个/毫升。所以,一般养虾、蟹池中,往往搭放鲢鱼和鳙鱼以调节水质,减少病害。

江苏省淡水水产研究所在湖泊生态渔业研究中也发现,在湖泊水域的物质循环中,微生物起着十分重要的作用。在太湖水体,清水区平均菌数  $1.10 \times 10^6$  个/毫升,细菌生物量为 0.129 毫克/升;网围区水体平均菌数为  $1.490 \times 10^6$  个/毫升,细菌生物量为 0.175 毫克/升;养殖后的网围区中浮游细菌存在量为清水区的 135.5%。据有关资料报道,鱼池浮游细菌平均体积为  $1.175 \times 10^{-10}$  立方毫米。

浮游植物和细菌之间的关系比较复杂。藻类的胞外产物和死亡个体的分解为细菌提供养料,因此,当浮游藻类丰盛

时,细菌数量也很大。但有时藻类,特别是某些蓝藻的胞外产物中含有抗生素,可抑制细菌繁殖,这时浮游植物量很高而细菌却很少。但从整个饲养期的平均值看,浮游植物量和初级生产量较高的鱼池,细菌的数量和生产量也较高。内陆水体细菌生产量通常为初级生产量的  $1/3 \sim 1/2$ ,但在养鱼池中,细菌的现存量都高于浮游植物,特别在投喂人工饵料的鱼池,细菌生物量达到浮游植物的  $2.2 \sim 9$  倍,生产量达到浮游植物的  $1.8 \sim 9.3$  倍。

细菌菌体富含蛋白质、核酸、多糖、脂类、多种维生素及微量元素是水产动物重要的营养来源之一。气单胞菌、变形杆菌、大肠埃希氏菌等,能促使蛋白质及其衍生物降解,有助于有机碎屑消化吸收。消化细菌可把降解过程产生的氨和氨基酸变为硝酸盐,成为浮游藻类等的营养物质,浮游藻类成为浮游动物的食物,促进浮游动物繁殖生长,这些浮游植物和浮游动物都是虾、蟹很好的活饵料。所以细菌又是水体中食物循环必不可少的环节。

## 2. 有机碎屑

关于有机碎屑(腐屑)的概念,不同的研究者有不同的见解,Odum和Cruz(1963)指出,有机碎屑的概念应包括三部分内容:

- (1)有机碎屑来源于动植物尸体;
- (2)有机碎屑是颗粒性的;
- (3)细菌等微生物生活于有机碎屑基质中。

之后国内外学者(如 Welzel、林婉莲、朱学宝等)相继提出

了各自不同的看法,为进一步研究有机碎屑的结构和功能提供了有价值的理论依据。有机碎屑通常指生物尸体经细菌分解后所形成的,并在不断分解状态中的大小不等的有机屑粒。有机碎屑上总是附生着细菌,因此作为天然饵料,腐屑和细菌是难以分开的。细菌附生在有机碎屑上,增大了有机碎屑作为饵料的值。由于细菌的分解作用,有机碎屑不断地释放小气泡,并附着在其表面,使本身易于悬浮在水中。此外,在有机碎屑上还附生着藻类,原生动物和轮虫等。有机碎屑本身的营养成分不全面,但附着细菌和其他生物后就成为鱼类和其他水生动物的重要食物。有机碎屑是水生生物系统内一个重要的组成部分,一方面它作为直接饵料被腐食性水生动物(如鲤、鲫、鲮鱼,青虾,蟹等)所摄食,同时螺类、水蚯蚓和摇蚊幼虫等也利用有机碎屑,而这些动物又是青虾、蟹等的上好鲜活饵料;另一方面有机碎屑经细菌分解后产生一些可溶性的营养物质而参与物质循环。再则利用有机碎屑的细菌又是能被利用的高蛋白饵料。

各类水体中的有机碎屑数量也是极为可观的。通常情况下,其重量远远超过浮游生物的重量。例如,在白俄罗斯三个湖泊中,有机碎屑量占有机悬浮物干重的 77.6%~84.6%,浮游植物仅占 6.8%~15.3%,浮游动物和细菌所占比重则低得多。我国武汉东湖有机碎屑量达到 52.4~72.5 毫克/升,浮游生物量则低得多。江苏太湖属草型湖泊,其特点之一是具有大量的有机碎屑。据测算,1993—1994 年浮游物干重分别为 2 894.5 吨和 2 895.9 吨,其中有机碎屑量(干重)分别为 2 347.3 吨和 2 645.7 吨;分别占浮游物的 81% 和 91%。

经测算,太湖浮游物碳量平均达 10.89 公斤/公顷。

通过扫描电镜和光学显微镜观察,太湖沉降物中有机碎屑的主要成分有水草碎片、浮游植物碎片、浮游动物残骸、水生动物粪便以及细菌等。沉降物的干重及其有机碎屑沉降量(干量)分别为 1 950.8 吨/天,其无灰干重百分含量为 21.20%;沉降物中 C、N、P 含量分别为 27.53 毫克/克、6.8 毫克/克和 0.96 毫克/克。从 5 个不同代表区采样分离、鉴定出 127 株异样细菌。水体中含 71 株,隶属 17 个属;其中埃希氏菌属(*Pseudomonas*)占 19.7%,纤维单胞菌属(*Cellulomonas*)占 14.0%,假单胞菌属(*Pseudomonas*)占 12.7%。底泥中含 56 株,隶属 13 个属,其中芽胞杆菌属(*Bacillus*)占 52.0%,假单胞菌属占 17.0%。根据测定估算,底泥细菌对有机物的分解为 11 609.7 吨/年碳,保证了太湖水体营养元素的不断循环。鲫鱼食物中,以有机碎屑出现最频繁,其中水草碎屑出现频率达 73.26%,动物碎屑为 44.13%,浮游生物为 70.46%。砂、螺壳为 26.89%;在食物中的重量百分比以上几项分别为 62.37%、7.10%、26.60%和 3.93%。青虾、蟹食物中有机碎屑也是重要组分。以青虾为例,食物中水草碎屑出现频率 62%、动物碎屑 47%,浮游生物 50%,砂、螺壳 45%;食物中的重量百分比,以上几项分别为 39.5%、34.3%、8%和 18.2%。鲤鱼食物中水草碎屑出现频率 66.66%,动物碎屑 83.33%。草鱼、团头鲂食物中水草碎片重量比分别是 91.35%和 78%。杂食性的棒花鱼食物中水草碎屑占食物重的 95%,鲢鱼食物中水草碎屑也占 10%。这些数据说明,有机碎屑是鱼和虾、蟹的非常重要的饵料。

有机碎屑的组成随环境不同而不同,像太湖那样的草型湖泊中,有机碎屑主要为水草碎屑。太湖有机碎屑 C/N 为 3.02~7.74,平均 C/N 为 6.19。表明太湖 C/N 较稳定,含氮较高,水体营养价值较高。有关实验证明,分解黄丝草、聚草、苦草至 32 天,含有 47.8%~99.65% 的有机物,分解至 72 天仍含有 11.2%~49.8% 的有机物。可见水草变成有机碎屑后,仍含有一定的营养成分,但是随分解时间加长而逐渐减少。1993 年至 1994 年测定,太湖有机碎屑沉降量(干重) 243.2 吨/天,换算成年均沉降量(湿重) 87.28 万吨/年。若生产鲫、鲤、青虾等饵料系数取 200,其利用率 50%,则产量潜力可达 0.218 2 万吨/年。

我国养鱼池由于每日投入大量青绿饲料、肥料和人工饲料,加上养殖对象排出大量粪便,有机碎屑的含量是很高的。据雷衍之等(1983)的估算,无锡河埭口几个高产池塘有机碎屑量约占有机悬浮物干重的 60%~84%。

在水生生态系统物质循环中,有机碎屑的重要性越来越受到关注,其作用不再简单地认为是被细菌分解再利用,它可直接作为饵料。

### 3. 藻类

在淡水中的生物有植物也有动物。植物分为低等和高等两大类。低等植物有菌类和藻类。浮游性的藻类通常称为浮游植物,它们的种类和数量都很多,是水域中的主要生产者,重要的饵料。淡水中生长的高等植物中有少数是蕨类植物,大多是种子植物,这类植物叫水生维管束植物(即各种水草)。



这些水生植物不仅是虾、蟹重要的饵料,而且在保证虾、蟹良好的生存环境等方面起重要作用。

藻类和细菌的区别,主要在于藻类细胞内有色素和色素体,能够进行光合作用而制造有机物质。所以藻类是一群具有叶绿素,能进行自养性生活的植物体,它没有真正的根、茎、叶的分化,生殖器官是单细胞的孢子或配子。

浮游藻类通常个体很小,多数肉眼看不到,它们有的是单细胞,有的为群体,有的是“集结体”,有的是分支或不分支的多细胞丝状体;有的具有鞭毛能自由游泳,有的不具鞭毛,仅随水漂浮。

浮游藻类细胞体形状多种多样,如球形、卵形、纺锤形、纤维形、柱形等。

藻类细胞通常都具细胞壁。但也有些种类是裸露的,只具周质,周质是由原生质特化的一层表质。而另一些种类,细胞外面具有由胶质或其他物质组成的被膜或鞘。细胞壁成分也不一致,大体上以果胶质或纤维质为主,也有硅质的。细胞壁一般平滑,但也有具各种花纹、突起或刺的。这些特征都是分类依据之一。

在细胞壁内为原生质,除蓝藻之外都有细胞核。细胞质中具色素体,色素在色素体中,但蓝藻只有分散的色素。这些色素有叶绿素、胡萝卜素、叶黄素等。各种藻类细胞内的色素并非单一种类,在色素种类和成分上有差别,从而使不同藻类具不同颜色。不同藻类因其所含色素成分不同,光合作用制造的营养物质也不同。主要有蓝藻淀粉、白糖素、脂肪、副淀粉。

藻类分类主要根据色素成分和同化产物的不同,所以要确切地鉴定是较难的。一般根据他们各自的一些形态特征如鞭毛的有无、数目多少、长短、着生部位,细胞形态大小,色素体形状及其数目,刺毛突起的有无等特征,再结合藻体颜色以及用碘液反应检测同化产物,来加以鉴定。在鉴定藻类时,首先要确知它属于哪一门。因为每门植物体其同化产物(即营养成分)是相类似的。要定量掌握水域中某一时期优势种,水质状况,一般采用显微镜下直接计数来进行测算。

鉴定藻类标本可利用碘液,使藻类内含物显出不同颜色。例如,在标本中加一滴鲁哥氏碘液后,蓝藻淀粉变为淡红褐色,淀粉和造粉核的淀粉鞘变为暗紫色以至黑色,细胞核成淡黄褐色,色素体呈褐色或带灰黑色,脂肪、副淀粉、白糖素则不变色,这三者虽不变色,但可从它特点上加以辨认:脂肪呈非常光亮而透明,带黄色的正圆小球体;白糖素虽是光亮小球体,但它带白色而不透明;副淀粉也是光亮带白色不透明体,但它比较大而且呈棒状、盘状、椭圆或环形的,很少是小球形状。

鲁哥氏液的配制:6 克碘化钾,4 克碘溶于 100 毫升蒸馏水,摇匀即成。密闭保存。

浮游藻类繁殖能力都很强。主要生殖方法是细胞分裂及营养性的分割和无性孢子繁殖等,有性生殖不普遍,也不经常发生。

单细胞种类在营养充分温度适宜时,细胞分裂增殖非常快速。多细胞体藻类常分割成较小单位而后成长,数量增长也很快。孢子繁殖是在细胞内进行的,先是细胞核分裂,随后

细胞质分割,分裂的结果在一个母细胞内形成 2、4、8、16……(2 的倍数) 个小细胞,即孢子。有些藻类孢子具鞭毛,能动,称动孢子,不具鞭毛的称静孢子。有些静孢子的形态和成长的母体形态相似,称似亲孢子。通过孢子繁殖个体增长的速度很快。

在环境不适宜时有些藻类细胞壁增厚,成为厚膜孢子,它要经一段时间休眠,到环境适宜时才萌发。

有性生殖时,在母细胞内形成配子。具鞭毛的称为动配子,不具鞭毛的称静配子。雌、雄配子结合成为合子。合子通常经一段时间休眠后才萌发成新个体。由两个大小形态相同的动配子结合的称同配生殖。由形态相同而大小不同的动配子结合称异配生殖。由一个动配子和一个静配子相结合的称卵配。在绿藻门接合藻目,有性生殖较特殊,是二个静配子的同配接合。在蓝藻和裸藻门中没有有性生殖的现象。有性生殖的增殖速度较缓慢。

淡水浮游藻类主要有以下八个门:绿藻门、蓝藻门、硅藻门、裸藻门、甲藻门、隐藻门、金藻门和黄藻门。此外还有轮藻门。

浮游藻类在各种水体中都能生长,只是它们的种类和数量常随环境条件不同而有差异。为了人工养殖和繁殖,可以施肥、投饵进行人工定向培养,例如青虾苗繁殖时,通过施肥、泼豆浆,培育浮游生物,可提高繁苗量、加快苗体生长。在各门藻类中,大多属浮游性种类,但有些种是底栖的。底栖种有时因受外力作用而浮游于水中。

### (1) 绿藻门

绿藻门的特征:色素体以叶绿素为主,藻体呈草绿色。光合作用同化产物主要是淀粉。淀粉遇碘起紫色反应,这是鉴定绿藻的主要依据之一。细胞壁以纤维质为主,无细胞壁种类极少,有些种类有胶被。藻体形状因种类而异。有活动和不活动的单细胞体、集结体、群体等。细胞有球形、椭圆形、纺锤形、新月形、四角形、多角形等。运动的细胞绝大多数具 2 根等长鞭毛。色素体内常含具淀粉鞘的造粉核(蛋白核、淀粉核)。

适宜条件下绿藻繁殖得很快。前述的多种生殖方式均具备。细胞分裂通常在夜间,黎明前完成。这种分裂周期可能与白天光合作用贮存营养物质有关。绿藻动孢子大多为衣藻形状,具二根等长的顶生鞭毛,但无细胞壁。

绿藻分布广,种类多,数量大。喜温暖,一年四季均有出现,以春秋两季最旺,夏季比冬季多。地理分布上尤以温带较多。喜红色光波,所以在垂直分布上,相对浅水区和上层水较多。在含有机质较多的水中,团藻目和绿球藻目的种类生长旺盛。在微酸性水中,鼓藻类不但种类多,数量也大。主要种类见图 3、图 4。

绿藻在水中比其他藻类丰富,故构成水体原始生产力的作用也相应较大,所以虾、蟹等水生动物的饵料,直接或间接与绿藻的消长有一定联系。但是,如果池中绿藻繁殖过盛也会引起水中气体含量激变而对水生动物不利。有些丝状藻如水网、刚毛藻等会使虾苗、蟹苗被网罗进去而出不来,虾苗出池时影响起网。此外绿藻大量繁殖还会降低水的肥度。

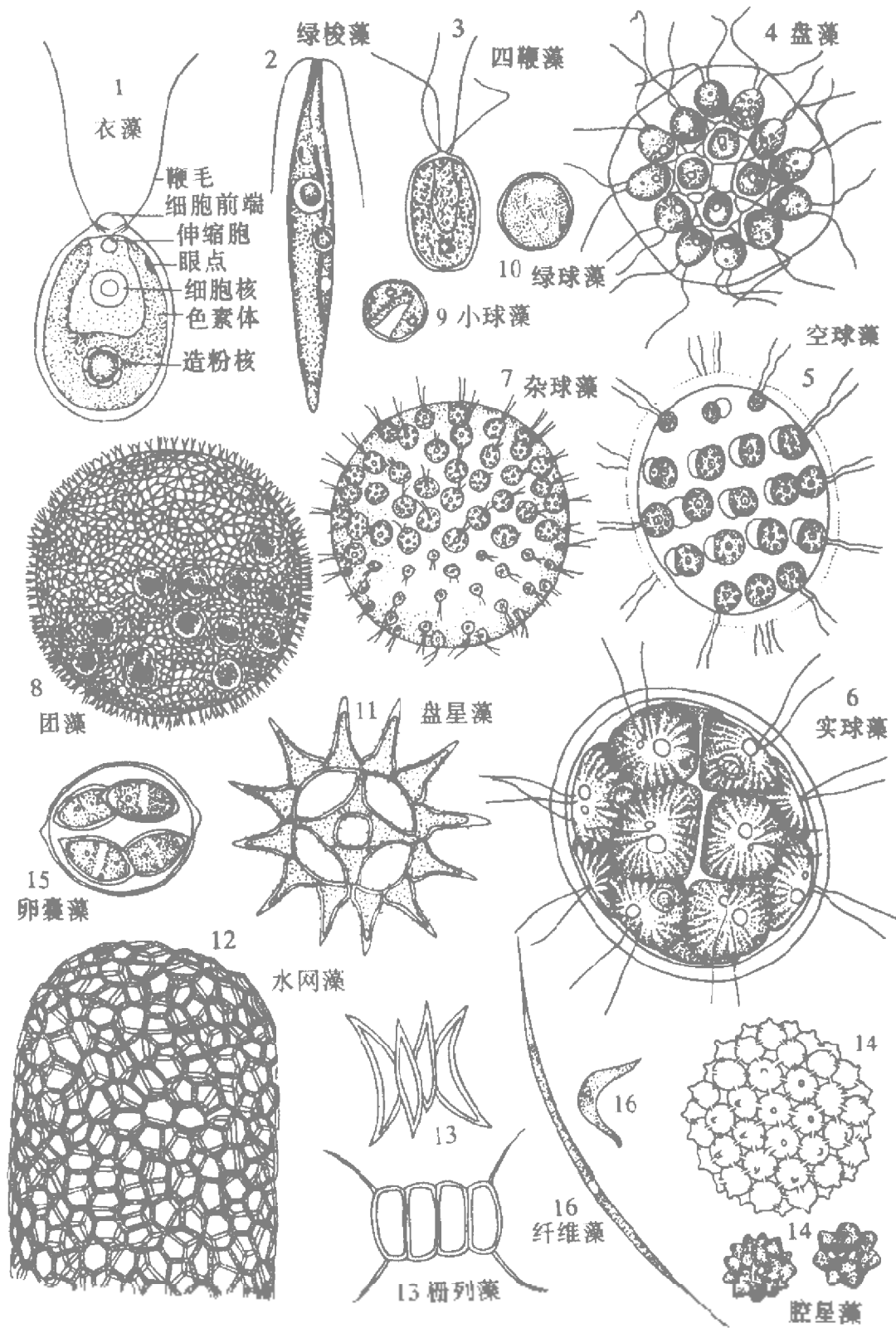


图 3 绿藻 I)

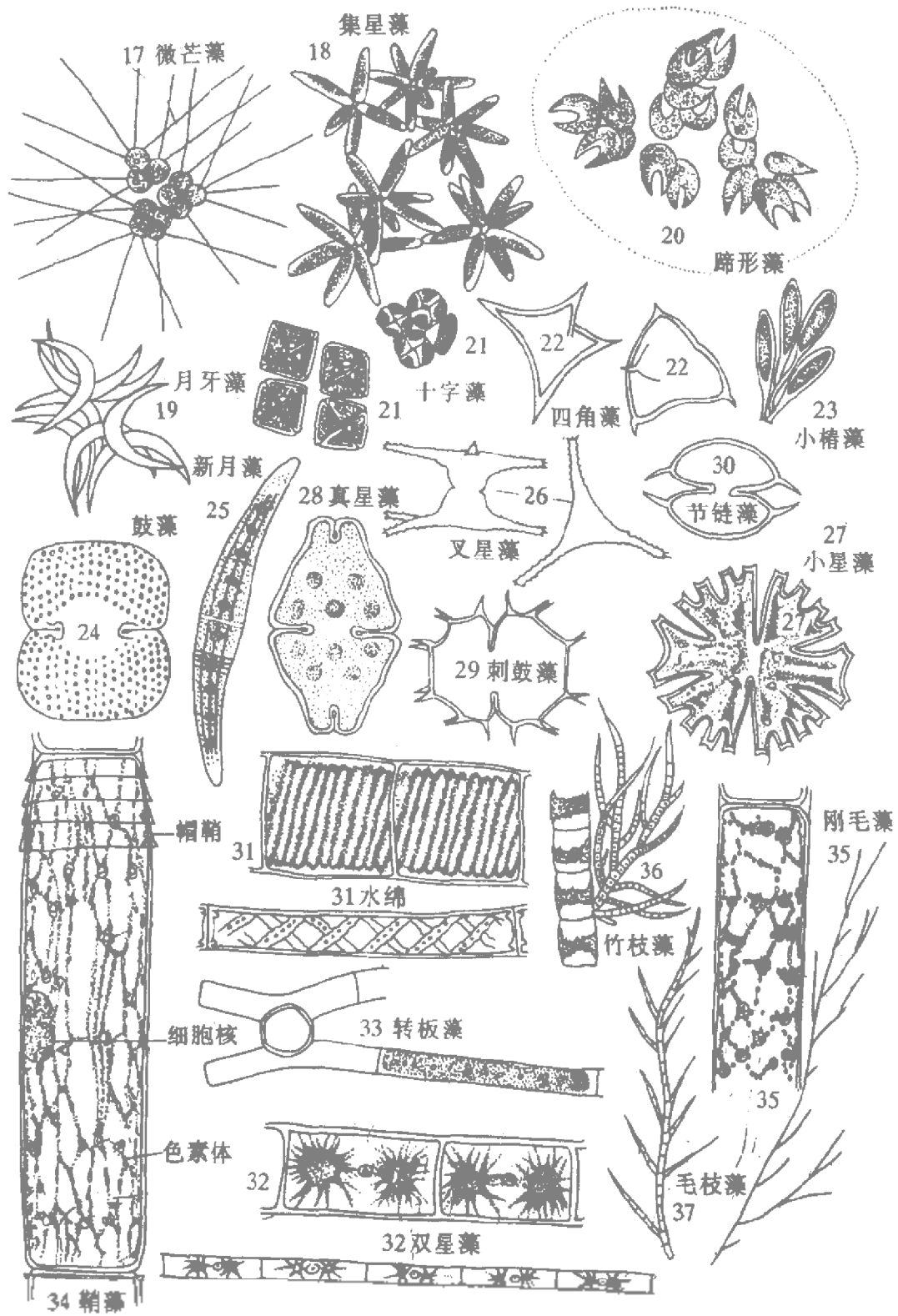


图 4 绿藻 (II)

## (2) 蓝藻门

蓝藻门的特征：无色素体，只有分散在细胞中的色素。色素除叶绿素、胡萝卜素外，还有较多藻蓝素，故细胞呈现蓝色或蓝绿色。同化产物为蓝藻淀粉，遇碘不起紫色反应，呈淡红褐色。没有真正细胞核结构。没有具鞭毛的种类。

蓝藻类细胞壁内层是纤维质膜，外层是胶质衣鞘，有些种类胶被发达，有些种类胶鞘中含水较多，不易观察到。

藻体有不活动的单细胞、球形群体和丝状体等。细胞形状为球形、圆柱形等。

繁殖一般以细胞分裂为主，丝状种类常以藻丝断裂进行增殖（称连锁体、段殖体）。此外形成各种孢子如内生孢子、外生孢子和厚膜孢子。蓝藻无有性生殖。

适宜条件下，蓝藻繁殖很快，喜温暖，喜含氮量多或有机质多的水体，在其中常大量繁殖形成所谓“水花”。

蓝藻是水域中原始生产者之一，直接或间接地成为水生动物饵料。但有的种类如微囊藻等，在繁殖过盛（群体衰亡阶段）死亡后会被分解产生有毒物质——“藻毒素”。致水生动物如鱼、虾等死亡，也会造成缺氧“泛池”。因此应进行人工管理、控制水质，进行合理调控。蓝藻主要种类见图 5

## (3) 硅藻门

硅藻门的特征：藻体呈黄绿色、黄褐色。同化产物为油滴。细胞壁硅质，由上、下两壳套合成盆形。两壳套合的壳环，称为带面或环面，上下壳瓣面称壳面，细胞壁上有壳纹（线纹、点纹、孔纹、肋纹等），壳纹排列分两大类。中心硅藻类壳面呈圆形，多角形，壳纹呈辐射状排列。羽状硅藻类壳面呈纺

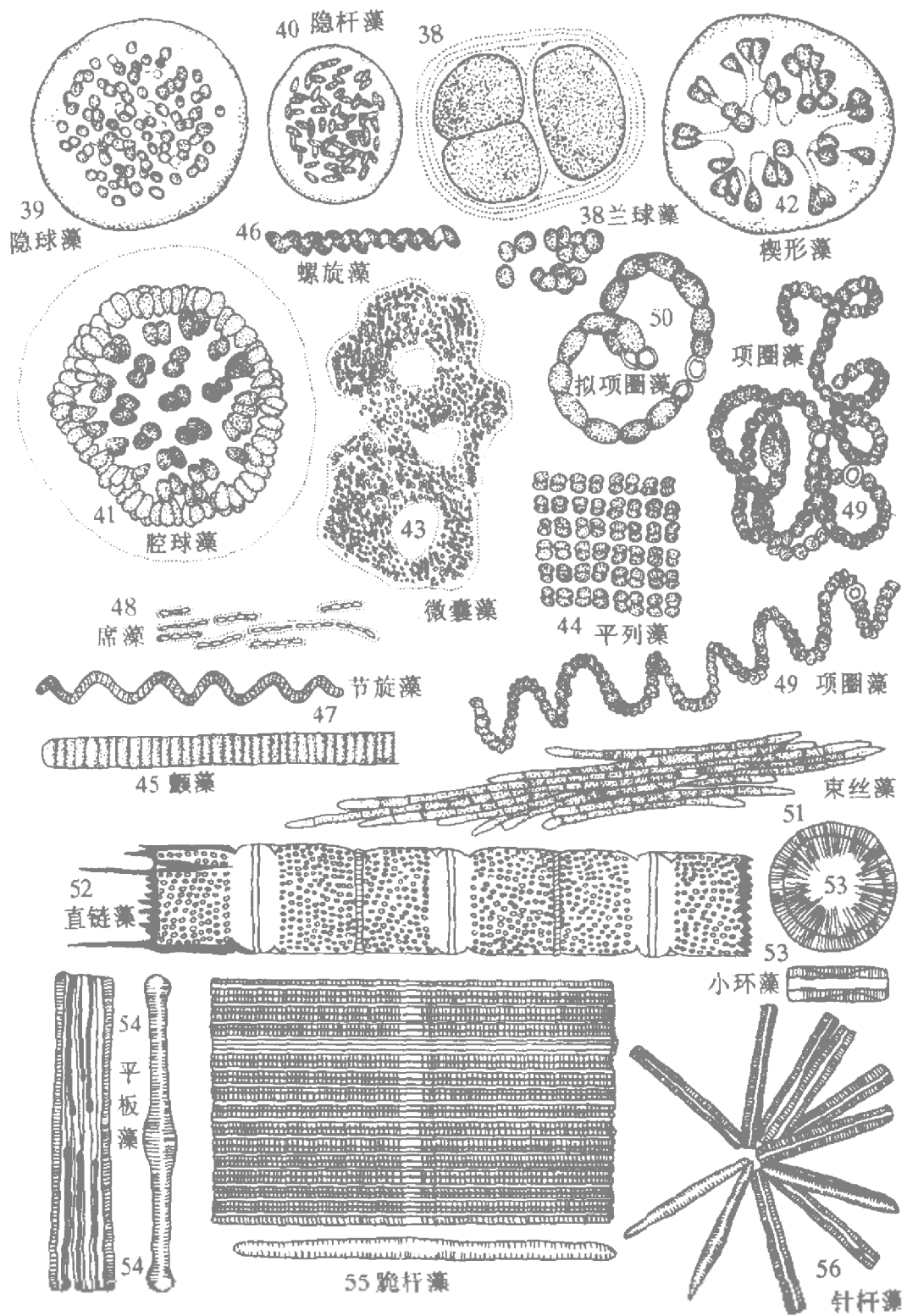


图 5 蓝藻、硅藻



锤形,壳纹沿壳缝(脊线)的两侧羽状排列。细胞壁结构上还有中间带、隔片、节结等,壳缝也有几种形式,这些都是分类依据。

以细胞分裂繁殖为主。分裂时上、下壳脱开,每壳各自再长出下、上壳,形成新个体。到一定时候个体愈来愈小,就需要以复大孢子来补救。复大孢子分二种,一种是无性的,形成过程为细胞壁脱开,原生质增大到原头大小,然后形成新壳;另一种是有性的(接合生殖),有二种形成方式:一是两个细胞各产生一个配子,结合后产生一个复大孢子。二是两个细胞各自分裂后形成两个配子,结合形成两个复大孢子。

硅藻是水产动物容易消化的藻类之一,是虾、蟹、鱼等经济动物直接或间接的饵料,幼体和成体都能将其作为饵料,硅藻也是水域中原始生产力之一。主要种类见图 5、图 6

#### (4)裸藻门

裸藻门(眼虫藻)的特征:色素体含有的色素与绿藻相似,呈草绿色。同化产物为副淀粉——裸藻淀粉,遇碘不起紫色反应。绝大多数为单细胞,具一条顶生鞭毛。细胞裸露、无细胞壁,细胞质特化成坚固的或柔软的表质。以细胞纵分裂方式繁殖。温暖季节繁殖很快,常形成“水花”。环境不良时形成“孢壳”(休眠孢子)。没有有性生殖。

裸藻喜生活在富有机物、静止的小水体中,大量繁殖时常在水表面形成浮膜。常见种类见图 6

#### (5)甲藻门

甲藻门特征为:多是单细胞个体。细胞具横沟和纵沟。横沟(又称腰带)位于细胞中部,纵沟位于细胞下半部腹面。具鞭毛二条,其中一条横鞭环绕在横沟中,一条纵鞭通过纵沟

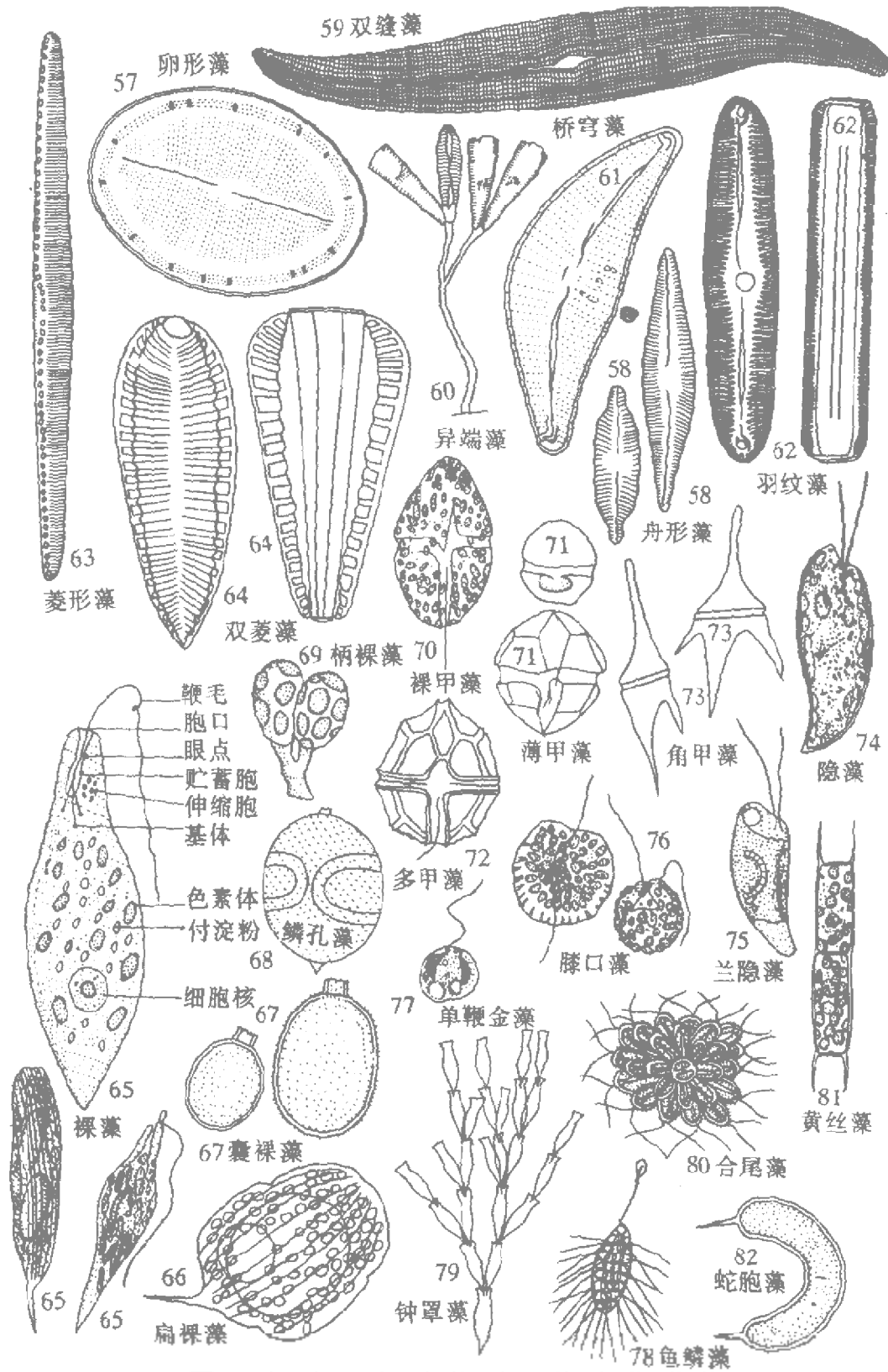


图 6 裸藻、甲藻、隐藻、膝口藻、金藻、黄藻

向后伸出。同化产物一般为淀粉，极少油滴。细胞裸露或具甲片组成的细胞壁。

甲藻的繁殖以细胞分裂为主，斜向纵分裂。有动孢子和不动孢子，很少有有性生殖。喜生长于富含有机质、硬度较大的碱性池塘和小型湖泊之中，尤以温暖季节较多。某些种类，如裸甲藻，呈蓝绿色的“水花”大量出现于温暖季节的肥水鱼池中，对鱼类生长极有利，虾、蟹也可利用。但有时如水质控制不好，也会引起“泛池”。

#### （6）隐藻门

隐藻门的特征：是单细胞活动个体。细胞长椭圆形或卵形，纵扁，前端较宽、钝圆或斜向平截、背侧略凸，腹侧平直或略凹入。纵沟口沟位于腹侧前端，鞭毛两条常由此伸出。具1~2个色素体。色素黄绿或黄褐色，也有蓝绿色。同化产物为淀粉和油滴。以细胞纵分裂繁殖。在温暖季节，有机质较多的水体中常大量繁殖，能形成“水花”。隐藻在淡水中，种类不多，但出现量常很大，在肥水鱼池中常占较大的比重，是易消化的藻类。隐藻能适应较广的温度变幅，常年能出现，常为冬季冰下水体中的藻类优势种群。

#### （7）膝口藻

细胞扁平，正面观近圆形。鞭毛2条，不等长，向前的一条较短，而向后的一条较长。刺丝胞呈柱状、放射状地分散于细胞质中。色素体黄绿色，多呈盘状。细胞核大，近扁球形。同化产物为油滴。在温暖季节，池水中常大量出现。

#### 8）金藻门

金藻门的特征：色素体所含的色素以叶黄素和胡萝卜

为主,呈金黄色,黄褐色。同化产物为白糖素或油滴。细胞壁无或存在,存在时不分成两半。多数金藻细胞裸露,只有一层柔软的表质。有些种类有细胞壁。有的细胞表面具硅质鳞片或小刺,有的具硅质囊壳。多数种类为活动的单细胞和群体,具1~2根等长或不等长的鞭毛。常以细胞纵分裂繁殖为主。

多数喜生在透明度较大,温度较低,有机质含量低的水体中,一般在寒冷冬天、早春和晚秋生长较盛,对温度变化敏感,多分布于水体中下层。

金藻是水生动物容易消化的饵料。喜较低温度,是冰封之下生物增氧的优良种群。

#### (9) 黄藻门

黄藻呈黄绿色。同化产物主要为油滴。细胞壁为果胶质,由“U”形或“H”形的二节片套合组成,喜生活于软水池塘中,在春季气温较低时生长较盛。种类较少。

藻类作为虾、蟹饲料,来源广,易培养,而且是一种活饵料,营养丰富,有利于水质调控。单胞藻类中,最先为人们培养和利用的是单细胞绿藻类的小球藻和栅藻,之后有扁藻、硅藻、固氮蓝藻等,这些藻类营养非常丰富(见表5)。

表5 一些单胞藻的营养成分分析

藻	成分(%)	蛋白质	脂肪	糖类	纤维素	灰分
小球藻		8.7~88.2	4.5~85.6	5.7~37.5		1~10 (干重)
衣藻(干重)		31.3	13.41	28.30	12.31	13.13

续表

藻	成分(%)	蛋白质	脂肪	糖类	纤维素	灰分
扁藻		25~35	7	40(干重)		
斜生栅藻		48.04	13.5			
粉核小球藻		48.30	11.5			
三角褐指藻		20~43.4	25(类脂)	73		19.5

Combs( 1952 )对小球藻干粉进行了氨基酸分析(见表 6)。  
Milner( 1955 )测定了脂肪酸(见表 7)。

表 6 小球藻干粉的氨基酸分析

氨基酸种类及营养素	含量(%)
粗蛋白	40.00
精氨酸	2.39
组氨酸	0.65
异亮氨酸	1.69
亮氨酸	1.99
赖氨酸	2.43
蛋氨酸	0.57
苯丙氨酸	2.14
苏氨酸	1.91
色氨酸	0.41
缬氨酸	2.67
甘氨酸	2.20

表 7 小球藻油脂中脂肪酸分析

脂肪酸	含量(%)
棕榈酸(16 碳)	16.6
硬脂酸(18 碳)	0.4
不饱和脂肪酸(16 碳)	29.1
不饱和脂肪酸(18 碳)	53.9

小球藻体内 10 种必需氨基酸含量占蛋白质组成的 42%，而这 10 种氨基酸对动物具较高的营养价值。

小球藻中维生素种类及含量（见表 8）。从表 8 可看出小球藻中维生素含量极为丰富，100 克干藻粉就足以保证一个人一昼夜所需的全部维生素。维生素 C 较丰富，在干燥加工过程中，大部分会被破坏。1961 年在小球藻生产和应用经验交流会上，我国农业部、卫生部公布了小球藻的维生素含量，并与蔬菜所含的维生素作了比较（见表 9）。除表 9 所列维生素外，维生素 B<sub>6</sub>、维生素 B<sub>12</sub>、维生素 C、维生素 D、维生素 K 等含量也不低。例如 50 克干藻粉就含维生素 A 0.5 克多，相当 3 颗浓缩鱼肝油 A、D 丸剂的分量。维生素 C 含量比同重量柑橘中所含量高 1 倍。各种维生素含量，都比一般蔬菜中的高，特别是维生素 B<sub>12</sub> 是一般食物中所缺少的。

表 8 小球藻维生素种类和含量

( Aach, 1955 )

维生素种类	维生素含量(微克/克干物质)
维生素 A(维生素原)	1 000~1 600
维生素 B <sub>1</sub>	2~18
维生素 B <sub>2</sub>	21~28
维生素 B <sub>6</sub>	9
维生素 B <sub>12</sub>	0.025~0.1
维生素 C(鲜藻体中)	1 000~2 500
维生素 D(维生素原)	1 000
维生素 K	6
烟酸(PP)	180
泛酸	12~17
叶酸	485
白叶素(leucofoline)	22
生物素(Biotin)	0.1~0.2

表 9 小球藻粉和蔬菜中所含主要维生素比较表

(毫克/500 克)(1961)

种类	维生素 A	维生素 B <sub>1</sub>	维生素 B <sub>2</sub>	烟酸
藻 粉	113.00	0.33	3.60	3.2
菠 菜	2.06	0.04	0.13	0.6
小白菜	1.03	0.03	0.08	0.6
大白菜	0.11	0.02	0.04	0.3
白萝卜	0.02	0.02	0.04	—
南 瓜	2.49	0.05	0.06	—

其他种类藻营养成分的测定也表明藻类是一种营养丰富的饵料、食物。1959 年中国科学院水生生物研究所对斜生栅藻氨基酸含量的测定结果见表 10

表 10 斜生栅藻的氨基酸含量

氨基酸	克/100 克干粉
天门冬酰胺	5.66
谷氨酸	
胱氨酸	痕量
丙氨酸	4.10
脯氨酸	0.99
缬氨酸*	1.57
苯丙氨酸*	1.37
亮氨酸*	4.10
丝氨酸	1.50
苏氨酸*	1.30
甘氨酸	2.10
赖氨酸*	2.96
酪氨酸*	
精氨酸*	0.37
组氨酸*	0.64

\* 为必需氨基酸

中科院海洋研究所 1960 测定扁藻的蛋白质中所含氨基酸的种类,比一般海藻多,氨基酸种类有:亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸、脯氨酸、色氨酸、羟丁氨酸、甘氨酸、丝氨酸、谷氨酸、天门冬氨酸、精氨酸、赖氨酸等。这些氨基酸都是



动物需要的。

#### 4. 浮游动物

浮游动物是水生生物中十分重要的类群。它们在虾、蟹、鱼等天然饵料中占有很大的比重。

淡水浮游动物种类繁多,主要有原生动物、轮虫、枝角类和桡足类四大类。此外凡生活在水层中,游泳能力较弱的小动物也都可归入浮游动物之列。

原生动物是单细胞动物,在淡水中生活的主要是肉足虫和纤毛虫类。轮虫是多细胞动物,个体虽小,结构却比原生动物复杂得多。枝角类是一节肢动物门,甲壳纲,鳃足亚纲中的一个目,肉眼已能见到,在池塘里有时体呈红色,渔民称它为“红虫”。桡足类是甲壳纲中的一个亚纲,种类虽不多,但个体数量大,也是虾、蟹、鱼类等水产动物天然饵料的重要组成部分。

一般说,浮游动物的个体比浮游植物要大,比底栖动物要小。很少有超过 5 毫米的。不少种类除主要营浮游生活之外,都能兼营底栖生活。真正的浮游种类,不沉到水底,或暂时附着在水中其他物体上,但为数不多。

浮游动物的食物,主要是细菌、有机碎屑、浮游植物及其他种类的浮游动物。

浮游动物繁殖力很强。原生动物主要以细胞分裂为主。轮虫和枝角类在环境适宜时都行孤雌生殖。只有桡足类的生活中完全靠有性生殖,而且需经过不同幼体期的变态才发育成成体。

淡水浮游动物都有其特殊方法来适应外界不良环境。例如原生动物能形成胞壳胞囊；轮虫、枝角类产生有性生殖的冬卵；有些桡足类也产生休眠卵，这都是对外界环境变化的适应。同时在这种状态时，也能以风力（气流）、水流、水生昆虫、水鸟为媒介，把它们的种类传播到别的地方。

### （1）原生动物

原生动物是单细胞动物，个体微小，一般体长为 50~150 微米。它没有组织器官的分化，却有呼吸、排泄、生殖、感应等机能，这些是由它体内原生质特化而形成的各种器官（或称胞器）来完成的。如胞口、胞咽、食物胞、眼点、伸缩胞、伪足、纤毛及刺丝胞等，都是“类器官”。

淡水中自由生活并具饵料意义的有两类：肉足纲（肉足虫纲）和纤毛纲（纤毛虫纲）。

肉足纲的特点是以伪足作为运动和摄食的“器官”。种类不太多，多数为底栖性，但常漂浮到水层中来。分类上主要根据伪足以及身体外有无外壳，壳的形态结构等加以区别（见图 6）。

纤毛纲的特点是以纤毛作为运动和摄食的“器官”。种类很多，分类主要根据纤毛在身体的分布情况和发展规律，唇带的有无，转动方向等（见图 7）。与肉足纲一样，它们都是虾、蟹、鱼类等水生动物的直接或间接饵料。

### （2）轮虫

轮虫是一群小型的多细胞动物，通常体长只有 100~500 微米。轮虫虽小，其结构比原生动物复杂得多，有消化系统、生殖系统、神经系统等。

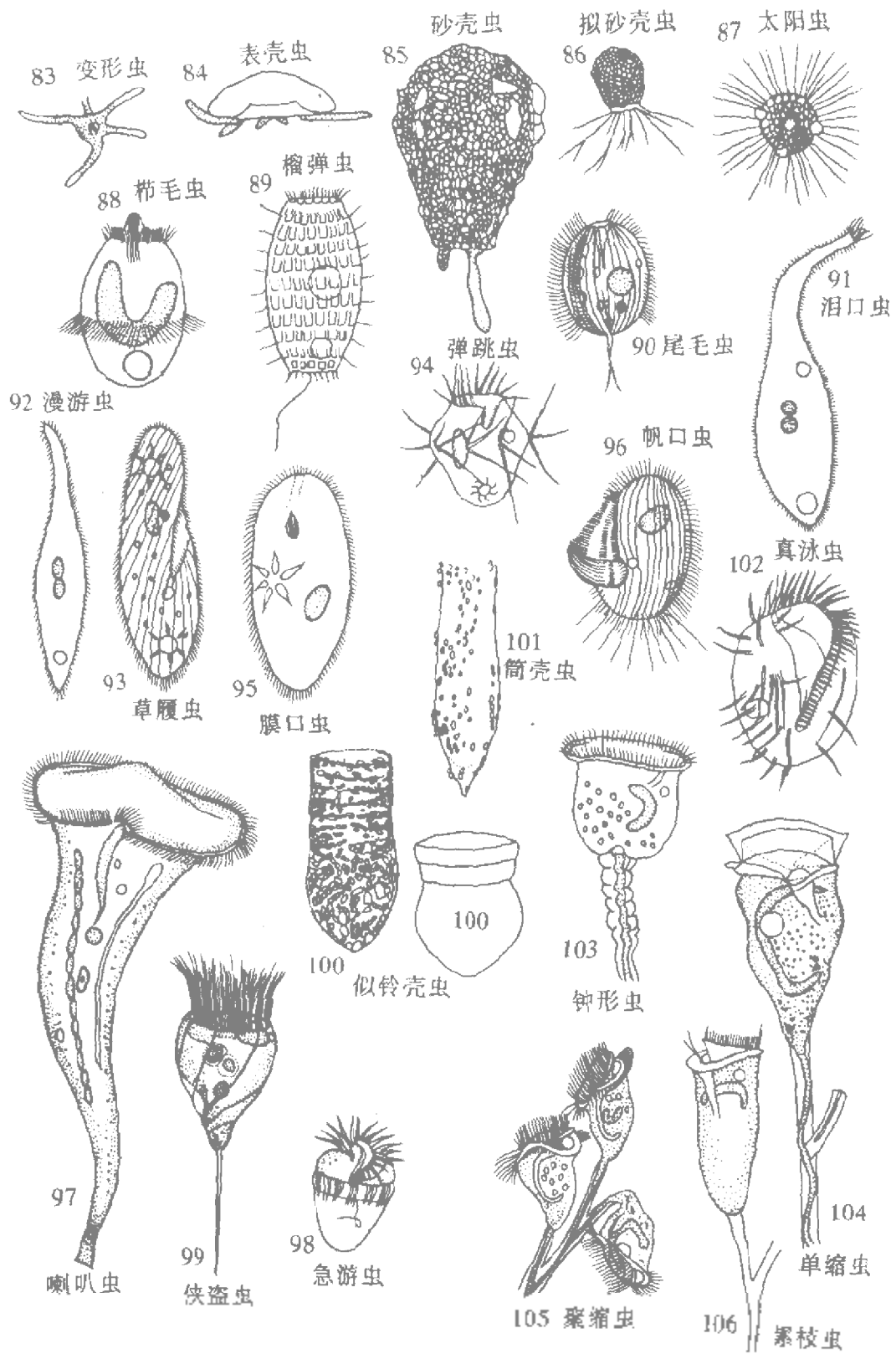


图 7 原生动物

轮虫最主要的形态特征是头前方具有圆盘形的轮盘,其上生有一定排列形式的纤毛,体躯其他部分则没有纤毛。轮盘上纤毛不断地运动,虫体得以进行运动和摄食。轮虫另一特征是咽喉部有一很发达的咀嚼器。咀嚼器由 7 块坚硬的咀嚼板组成。咀嚼器和轮盘的形式各有多种,一定形式的咀嚼器常和一定形式的轮盘(头冠上毛环型式)相联系。

轮虫是雌、雄异体的动物,常见的都是雌体,因雄体出现时间很短暂。轮虫的卵有两种,通常雌体轮虫产的卵都不需要受精,就可发育成新的雌体,这就是孤雌生殖。另一种卵成熟后需要受精,受精后形成休眠卵或冬卵,经过一段时间休眠,如度过寒冬或其他不良环境,然后发育成雌体。只有需要受精的卵,在未经受精时,才发育成雄体。雄体身体简单,主要是一个精囊,它也不吃食。有些种类没有雄体,只行孤雌生殖。

轮虫寿命(从孵化到死亡)几天到几星期,依种类而异。而有些冬卵在干燥 27 年后还能萌发成新个体。

轮虫分类依据主要是:轮盘和咀嚼器的形式,卵巢单个还是成双,胴甲(被甲)有无和形状,附属肢、足、趾和眼点的有无、数目形状等。

轮虫分布广,适应性强,无论是在清澈的高山湖泊中,还是在污染的浊水中都有它们的一些种类。它是淡水浮游动物的主要组成部分。轮虫普生性强、分布广、出现的数量多,是虾、蟹、鱼类等的幼体最适口的天然饵料。这些水产动物幼体成活率的高低、生长快慢与轮虫培育、生长的好坏密切相关。轮虫的习见种类(见图 8)。

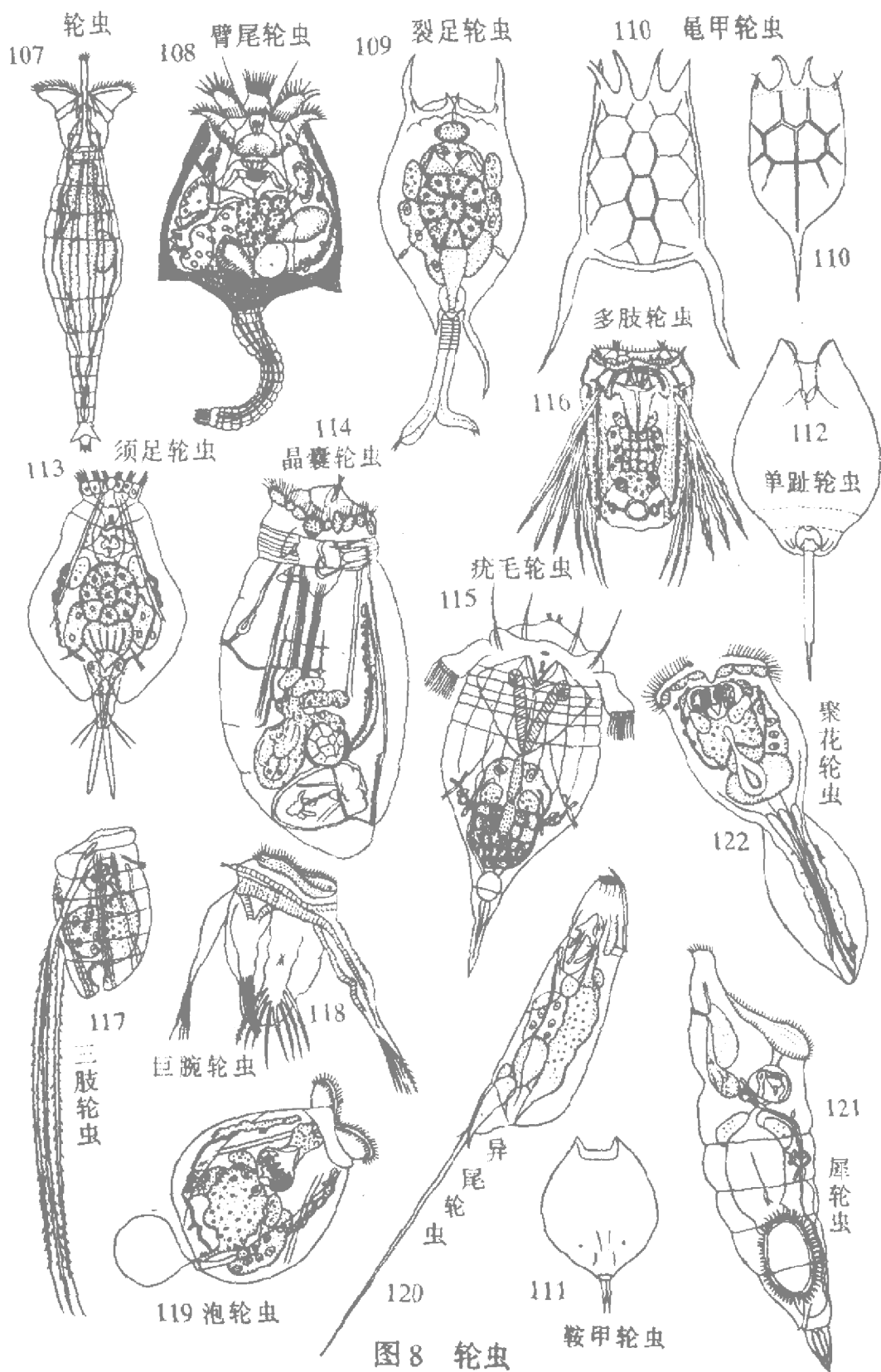


图8 轮虫

### (3)枝角类

枝角类通称水蚤,俗称“红虫”,是一类小型甲壳动物。多数营浮游生活,体长 0.2~10 毫米,是淡水浮游动物的重要组成部分。枝角类生长繁殖迅速,营养价值高,是虾、蟹幼体及鱼类幼体的重要饵料,因而水域中这些水产动物产量与枝角类有着密切关系。

枝角类特征:身体长左右侧扁,具两瓣透明的甲壳披于体外。头部有显著黑色的复眼一个,并带有水晶体。第二触角发达呈枝角状,胸肢 4~6 对,为主要的运动器官。尾叉一对呈爪状。枝角类一般形态构造见图 9 中的 123

枝角类通常以孤雌生殖繁育后代。雌蚤产的卵不需要受精,在孵育囊中就能直接孵化成小雌蚤。只有经过若干代孤雌生殖后,在环境不适宜(如缺食、旱涸、寒冷等)时,才会行有性生殖,雌蚤产出雌、雄两种个体,有的雌蚤则产 1~2 个富含卵黄、卵膜很厚的大卵,经过受精,成为休眠卵(冬卵),冬卵需经一段时间休眠,待环境适宜时,才发育成新的雌蚤。冬卵生命力很强,在土中干燥 20 年后,仍能孵出新雌蚤。

枝角类在生长发育过程中都要经过蜕皮才能增长。刚从母体孵出的幼蚤为第一龄,以后每蜕皮一次加一龄。从孵出到性成熟的各龄称幼龄期,开始产卵后的各龄为成龄期。幼龄和成龄数均随种类和环境而异。如裸腹蚤 3 幼龄和 6~8 成龄。水蚤属 4~5 幼龄和 4~20 成龄。枝角类的寿命一般为二三个星期到几个月。寿命长短与种类以及所栖居水环境的温度、饵料等条件有关系。

枝角类不仅具有较高的蛋白质含量(占干重的 40%~

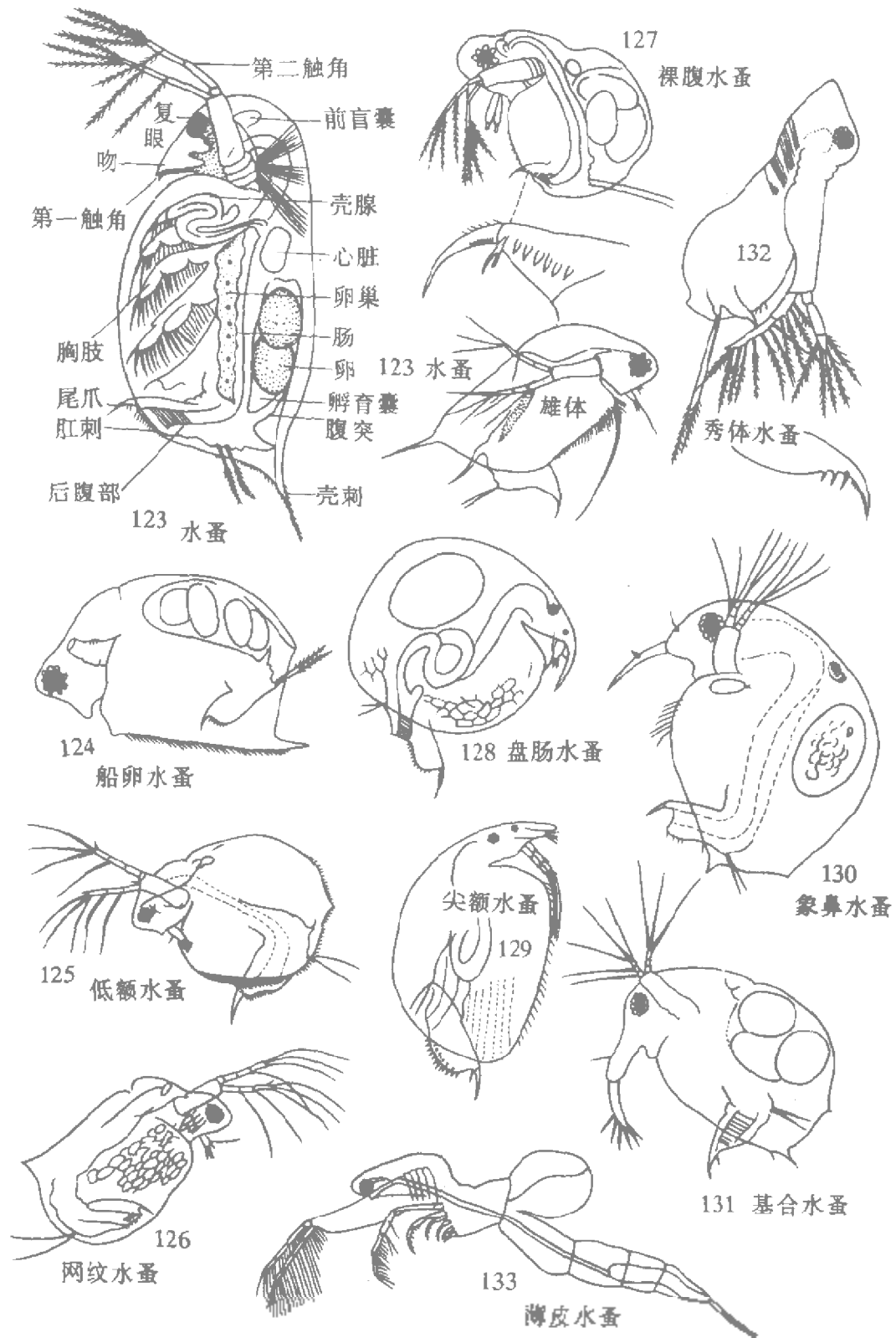


图 9 枝角类

60%) 水产动物所必需的重要氨基酸,而且维生素及钙的含量也颇为丰富,是虾、蟹、鱼类幼体理想的活饵料。

#### (4) 桡足类

桡足类是一群小型甲壳动物,也是淡水浮游动物重要组成部分。其个体大小,与枝角类相近。桡足类的形态与别的浮游动物极易区分。体纵长,分节明显。头胸部一般较腹部宽。第一触角发达。头部附肢 5 对、胸部 6 对、腹部无附肢,末端有尾叉 1 对。雌性腹部带 1 个或 2 个卵囊。

桡足类是雌雄异体,交配时,雄体利用其第一触角将雌体抱住,并将囊状的精荚贴附在雌体的生殖孔上,受精卵产于母体腹部,成囊状。幼体孵出后即能在水中自由游泳及摄食,刚孵出的幼体称无节幼体(或六肢幼虫),这时幼体卵圆形,不分节,附肢只有三对。在变为成体之前需要经过蜕皮变态,要经过 5 个或 6 个无节幼体期和 5 个或 6 个桡足幼体期。无节幼体期和桡足幼体期身体均逐渐纵长,体节逐渐明显,附肢数逐渐增加,最后桡足幼体再蜕皮即成为成体,成体一般不再蜕皮。

桡足类对淡水渔业生产有重要意义。它们是虾、蟹和鱼类等水产动物的良好活饵料。习见的种类有镖蚤、剑蚤和猛蚤等(见图 10)。

浮游动物生存、生长、繁殖条件要求较低,生殖率高,繁殖量大且营养丰富,是虾、蟹、鱼类等水生动物的优良活饵料。日本长崎水产试验场用面包酵母、海水小球藻(*Chlorella minutissima*)两者同时使用,培养出酵母轮虫、混合轮虫以及小球藻轮虫,其一般组成和无机物组成(见表 11)。从表 11 中可看出,三年中各组轮虫的组成成分几乎相同。



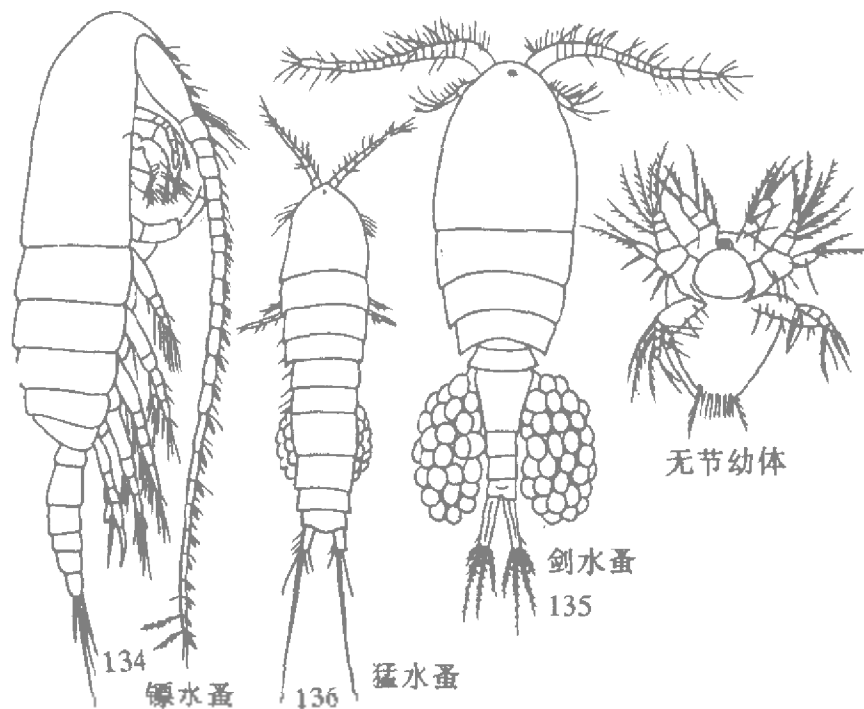


图10 桡足类

### 5. 底栖动物

底栖动物是由一些栖居在水底而不能长期在水中游动的各类动物所组成。底栖动物包括动物界很多门类。有：软体动物、节肢动物(昆虫、甲壳类、水蜘蛛等)、环节动物、线形动物、扁形动物、苔藓动物、腔肠动物、海绵动物等。底栖动物不仅组成复杂，其生活习性也多种多样。有的停栖于水草丛中，有的栖居水底而上或埋入泥沙之中，有的匿居于水底石块及其他水底物体上，有的穴居，有的爬行，有的在水底匍匐运动或在水中短暂游动等等。由于动物种类组成复杂，生活方式多样性，就同一种来说，在不同的发育阶段生活方式也不相同，因此，底栖动物在某种情况下，很难同浮游动物和自游生

表 11 日本长崎水产试验场培养的酵母轮虫、混合轮虫  
和小球藻轮虫的一般组成和无机物组成(单位湿物)

	酵母轮虫				混合轮虫				小球藻轮虫			
	1975	1976		1977	1975	1976		1977	1975	1976		1977
		(一)	(二)			(一)	(二)			(一)	(二)	
水分(%)	90.8	91.8	—	89.6	87.9	89.0	—	89.1	86.4	86.7	—	87.6
粗蛋白质(%)	6.0	5.5	—	7.2	7.7	7.4	—	7.9	7.9	8.0	—	7.8
粗脂肪(%)	1.4	1.7	—	2.3	2.8	2.2	—	2.3	3.7	4.2	—	3.8
粗灰分(%)	1.0	—	—	0.4	0.7	—	—	0.4	0.9	—	—	0.5
Ca(毫克/克)	0.16	0.18	0.27	0.12	0.11	0.10	0.10	0.26	0.15	0.11	0.11	0.21
Mg(毫克/克)	0.23	0.14	0.20	0.14	0.20	0.17	0.14	0.17	0.31	0.14	0.16	0.14
P(毫克/克)	1.11	1.20	1.13	1.48	1.38	1.31	1.26	1.44	1.54	1.36	1.39	1.37
Na(毫克/克)	3.27	0.16	0.21	0.41	1.51	1.29	1.51	0.30	2.06	0.26	0.29	0.29
K(毫克/克)	0.61	0.19	0.19	0.35	0.60	0.54	0.45	0.12	0.62	0.53	0.37	0.23
Fe(微克/克)	26.0	25.8	38.2	15.9	28.6	9.5	11.0	52.5	27.4	9.7	17.5	43.3
Zn(微克/克)	8.6	7.6	7.8	7.4	9.8	6.9	7.6	9.8	9.9	4.3	6.9	8.2
Mn(微克/克)	0.7	0.6	0.9	0.4	0.8	0.8	1.2	1.1	1.1	1.1	0.7	1.1
Cu(微克/克)	0.7	0.8	0.4	1.1	0.8	0.4	0.5	1.5	0.9	0.8	0.5	1.7

物截然划分清楚。例如轮虫、原生动物多数是浮游动物,但也有的常栖息水底泥面或在水草等其他物体上,营底栖生活的。河蟹属底栖动物是无疑的,但河蟹的蚤状幼体和大眼幼体期则是在水层中漂游的,青虾刚孵出后的蚤状幼体也是如此,黄蚬在幼体期也在水中浮游生活一段时期。

底栖动物在水域中的分布情况,随水域底部的环境条件而变化。在大水面的沿岸带(浅水区),常有很多底栖藻类和水生维管束植物生长,所以这里底栖动物也较丰富,尤其是软体动物和昆虫较多。昆虫幼虫的数量往往随季节而变化,秋季因羽化飞离而减少。在深水带,由于很少有水草,其他环境条件不适宜,如氧含量低,食物贫乏等,因此不少底栖动物不能在深水带大量生存和繁殖,种类和数量都较少,只有少数如水蚯蚓、摇蚊幼虫等。

底栖动物多数是杂食性的虾、蟹、底层鱼类的饵料。底栖动物的多寡,直接关系着虾、蟹、底层杂食性鱼类食料的数量及质量的优劣。因此,对水域虾、蟹、鱼的产量有一定的影响。大水而放养虾、蟹、鱼时,品种搭配比例以及单位面积放养量的确定,主要依据水域天然饵料生物的种类和数量。所以底栖动物的种类和数量也是水域合理放养的主要依据之一。在池塘内繁殖虾苗、放养蟹苗及河蟹上池育苗时,底栖动物,特别是水生昆虫会危害这些幼体,争夺食料,蚌类也会大量争食而使水中营养减少。

以下介绍重要且数量多的底栖动物习见种类。

### (1) 软体动物

软体动物淡水产种类一般都属腹足纲和瓣鳃纲(即螺类

和蚌类)。其共同特征是具有坚硬的贝壳,所以又称贝类。蚌类的特征是体外有二片贝壳,所以也叫双壳类软体动物。由于它们的鳃通常成瓣片状,故分类上称瓣鳃类。它们行动时,把足伸出壳外,像把斧头,所以也称斧足类,这类动物没有“显著的头部”所以也有人称无头类。这些名称都反映了蚌类最主要特征。蚌类是虾、蟹喜食的动物饵料。螺类身体外面只有一个螺旋型的贝壳,所以称为单壳类。螺类足底宽阔,常位于身体腹侧,所以分类上称腹足类。螺有明显的头部,而且多数种类壳口处有厣。螺类也是虾、蟹喜食的动物性饵料。习见的螺、蚌类(见图 11)。

## (2)水生昆虫

昆虫是节肢动物门的一个纲,种类占整个动物界的 $3/4$ 。其中绝大多数为陆生,仅有很少部分为水生,水生昆虫基本上都是一些昆虫的幼虫。

昆虫最大的特征是:身体分头、胸、腹三部分。胸部有前、中、后三胸节组成,并具三对分节的足和二对翅,所谓“六足四翅”。生殖孔开口于腹部末端。气管系统发达。

在水生昆虫中,成虫和幼虫都生活在水中的,只有鞘翅目和半翅目中很少部分种类非水生。而蜻蜓目、蜉蝣目、襁翅目和毛翅目四个目中,幼虫全部水生。而双翅目中只有部分幼虫水生。

昆虫生殖都要经过交配产卵,发育成成虫要经过蜕皮变态。完全变态的昆虫需要经过幼虫、蛹再发育成为成虫。半变态的则为无蛹期,其幼虫也称作“稚虫”。

水生昆虫鉴定种类较困难,参考下列检索表可找到它们隶属的目,以便掌握它们的习性,更好地加以利用。

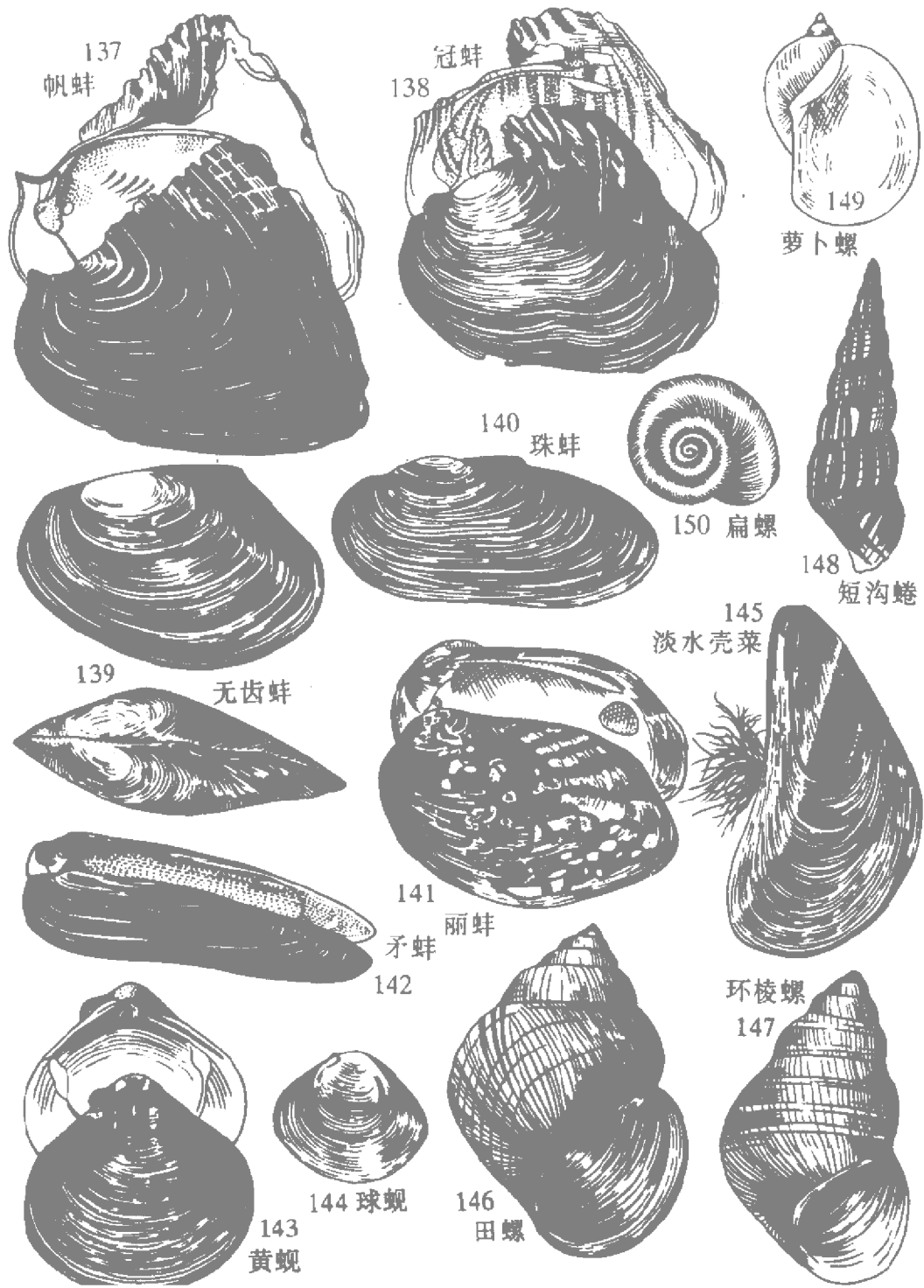


图 11 软体动物

## 常见水生昆虫分目检索表

### 1. 有翅

2. 前翅革质，左右翅在正中中线分离不相覆盖。口器咀嚼式。……………鞘翅目成虫

2. 前翅基部革质，后部膜质，左右翅在后部相覆盖。口器刺吸式。……………半翅目成虫

### 1. 无翅或仅具翅芽。

### 2. 有翅芽。

3. 口器刺吸式。……………半翅目稚虫

### 3. 口器咀嚼式

4. 下唇延长，形成罩形下唇。……………蜻蜓目稚虫

### 4. 无罩形下唇结构

5. 尾毛 2~3 条。气管鳃 5~7 对，位于腹部两侧。……………蜉蝣目稚虫

5. 尾毛 2 条。鳃呈丝状，主要在胸部。……………襀翅目稚虫

### 2. 无翅芽。

3. 胸部无分节的足。……………双翅目幼虫

### 3. 胸部有三对分节的足。

4. 常藏身于自筑的巢中，腹部末端有一对带钩的臀足。……………毛翅目幼虫

4. 不藏身巢中，腹部也无足。……………鞘翅目幼虫

水生昆虫在各类淡水中广泛分布，绝大多数是虾、蟹、鱼类的天然饵料。其中最重要的为摇蚊幼虫。但在鱼苗、鱼种生产上，鞘翅目、蜻蜓目和半翅目的种类大多会危害鱼苗。

各种水生昆虫对环境条件要求各不相同，有的能耐受污水，有的则需要丰富的含氧量才能生存，所以不少昆虫有净化水质的作用，可作为水域污染的指标。水生昆虫幼虫在底泥中生活，对于底泥的理化状况，有机质的分解转化有良好的作用。常见的水生昆虫见图 12。

### (3) 水生环节动物

环节动物是动物界的一个门。其主要特点是：体柔软，蠕虫型。身体由大体上相同的体节（环节）所构成，所以叫环节动物。

淡水环节动物主要有寡毛类（水蚯蚓）和蛭类（蚂蟥）。它们都是雌、雄同体，但繁殖时行异体交配。

水蚯蚓是重要的淡水底栖动物，它们是虾、蟹、鱼类的优良天然饵料。

水蚯蚓体长 1~150 毫米，较陆生种类小。它们都有一个唇（口前叶），唇由半个体节组成。唇后这一节——围口节作为水蚯蚓体节的第一节（也即头部）。除少数种类的体节数为固定数值外，大多数有变化。而生殖腺常集中在前段某两个节内，同一种类位置是固定的，这是分类上的主要依据之一。观察生殖器官较困难，有时需靠切片方法来完成，所以水蚯蚓种类鉴定工作是较难的。水蚯蚓身上的刚毛，是一种几丁质硬毛，通常成束，每束 1~20 根。刚毛成毛状、针状和钩状三种型式，分布在从第二节开始背部的两个侧面及腹部两个侧面。

水蚯蚓再生能力很强，截去或损伤了身体的一部分，都可再生残缺的部分。此外，有的种类可进行无性繁殖，常可见到一系列虫体首尾相接，这就是芽殖（无性生殖）的结果。一个个

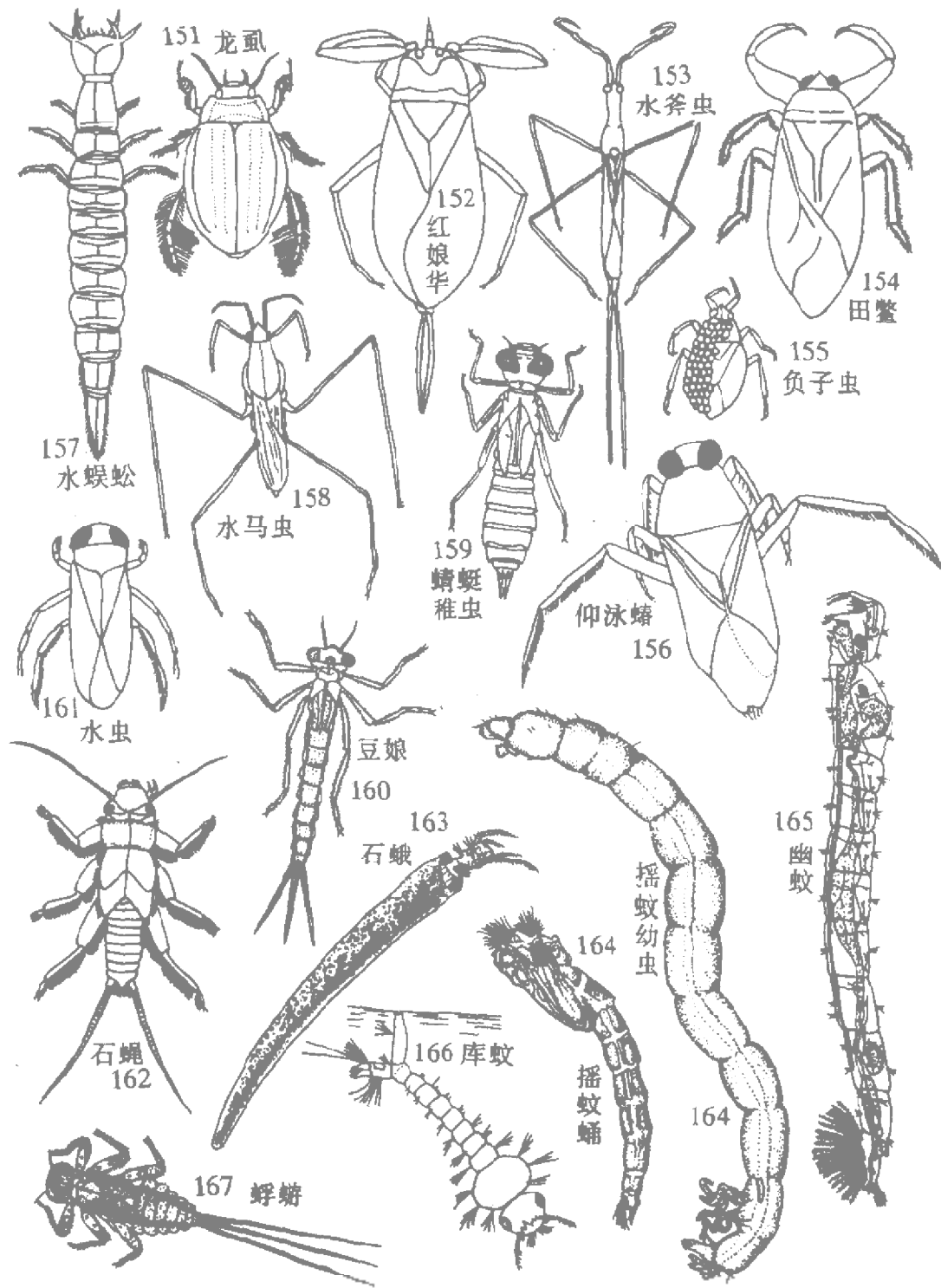


图 12 水生昆虫



体发生芽裂的体节通常是固定的，但有时也有变化。发生芽裂的一节往往位于身体后部的一段。芽裂时，该节生长裂分为若干小节，其中部分小节成为原个体的尾部，另一部分则形成新个体的头部。芽殖个体初期相互联接，之后各自分开。无性繁殖到一定时期，便进行有性生殖。有的种类只行有性生殖而无芽裂现象。水蚯蚓为雌、雄同体，有性生殖时异体受精。

水蚯蚓吞食泥土、腐屑及附着的细菌、藻类。有的也吃丝状藻和小型动物。呼吸时利用皮下微血管进行气体交换，对氧的适应依种类而异，如尾鳃蚓较喜氧、颤蚓则厌氧。对温度适应也因种类而异。水蚯蚓分布广，但大多为淡水型，有些种能生活在不同盐度的水中。大多数喜生活在富有腐殖质的阴暗地方。水蚯蚓是虾、蟹极喜食的动物饵料，也是许多水产动物投喂人工饲料的驯食饵料，目前已有人工养殖。为了养殖增产，就必须选择繁殖力强、生长快、产量高的品种，也应了解其生活习性和分类。水生环节动物习见种类见图 13

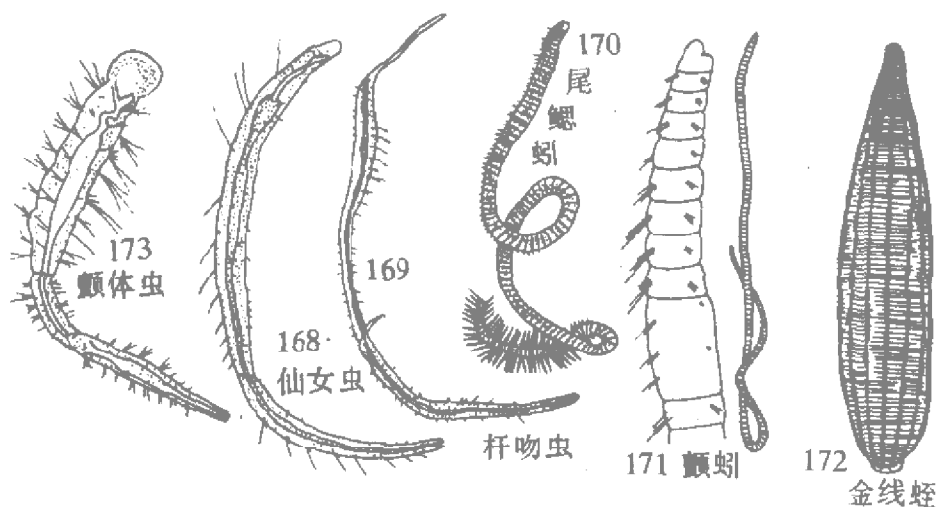


图 13 水生环节动物

## 6. 水生维管束植物

水生维管束植物通称水草。这些植物体内有维管束的构造,生长在水域之中,多数属种子植物,少数是蕨类植物。

水草在水域中,吸引许多水生动物前来栖息,为虾、蟹及其他经济水产动物提供青绿饵料及动物性活饵料,也提供产卵和栖息场所。同时也给虾、蟹提供了蜕壳、避害场所,并能形成良好的水质环境。所以水草对虾、蟹生产是非常重要的。

水草与陆生植物在形态构造上存在着一定的差异。水草的根通常不发达,主要作用是固着,吸收养料的作用是次要的。茎常嫩弱细长,具吸收养分和进行光合作用的功能。许多种类具根茎或地下茎,无性繁殖能力很强。水草在条件适宜时,茎的片段即可长成新的植株。水草叶的差异很大,空气中的叶与陆生植物差不多,而沉在水中的叶常为细长的裂片,没有气孔和栅状组织。有些水草具有不同形状和结构的叶。有的水草能挺出水面开花,也有在水中开花的,花粉可漂浮在水面进行传粉(称水媒花)。水草在根、茎、叶、花等方面与陆生植物不同,表现为对水生的适应。

根据其在水中分布和生长的特点,水生维管束植物可分为四种生态类群。

①挺水植物:根或地下茎生在泥中,茎叶挺出水面。典型代表有芦苇、蒲草、水花生、菰(茭白)、慈姑、荸荠、水芹、菖蒲、席草、水葱、山字萍、水蕨等。

②浮叶植物:根或地下茎生于底泥中,叶漂浮水面。典型代表有荇菜、菱、芡实(鸡头米)、睡莲等。

③漂浮植物：根不着泥，植物体完全漂浮于水面或水中。典型代表有浮萍、满江红、芜萍、水浮莲、凤眼莲(水葫芦)等。

④沉水植物：根生在泥中，茎叶全被水淹没。典型代表有菹草、轮叶黑藻、苦草(面条草、扁担草)、聚草、马来眼子菜、金鱼藻等。

#### 附：轮藻门

轮藻体内无维管束结构，故不属于维管束植物。过去列为绿藻门中的一个纲。由于它有独特的繁殖方式营养体分化出形态结构，多数学者将它独立为一个门。轮藻已经有假的根、茎、叶的分化，外观很像水生维管束植物。藻体较大型，有主轴(茎)，主轴节细胞生出许多轮生小枝(叶)，主轴基部分枝形成假根。有性繁殖器官发达，具藏精器和藏卵器，雌雄同株或异株。通常见到的红色或黑色小粒，就是它的生殖结构。

轮藻喜生于含钙质多的水域，有时在水底丛生，十分茂密。藻体常有一股特殊气味。习见种类有两个属：轮藻、丽藻。

习见的水生维管束植物、轮藻(见图 14、图 15、图 16)。

水生植物营养成分也是较丰富的，例如，芜萍(干物质)含粗蛋白 31.34%，1 千克绿萍(干物质)饲用价值相当于 1 千克麦麸，而每 100 千克绿萍便可晒成 3.5—5 千克干绿萍。水蕹菜，其营养价值极高，不但高于一般绿色蔬菜，甚至以营养丰富而著称的番茄也不如它。它所含的维生素 A 是番茄的 7 倍、维生素 B<sub>1</sub> 是番茄的 2 倍、维生素 B<sub>2</sub> 是番茄的 8 倍、维生素 C 是番茄的 3 倍，此外矿物质、蛋白质、糖类的含量也比番茄多 1~11 倍。一些水生植物本身具有药用价值，虾、蟹在其中生活或取食，可能会减少疾病。



图 14 水生维管束植物 I)

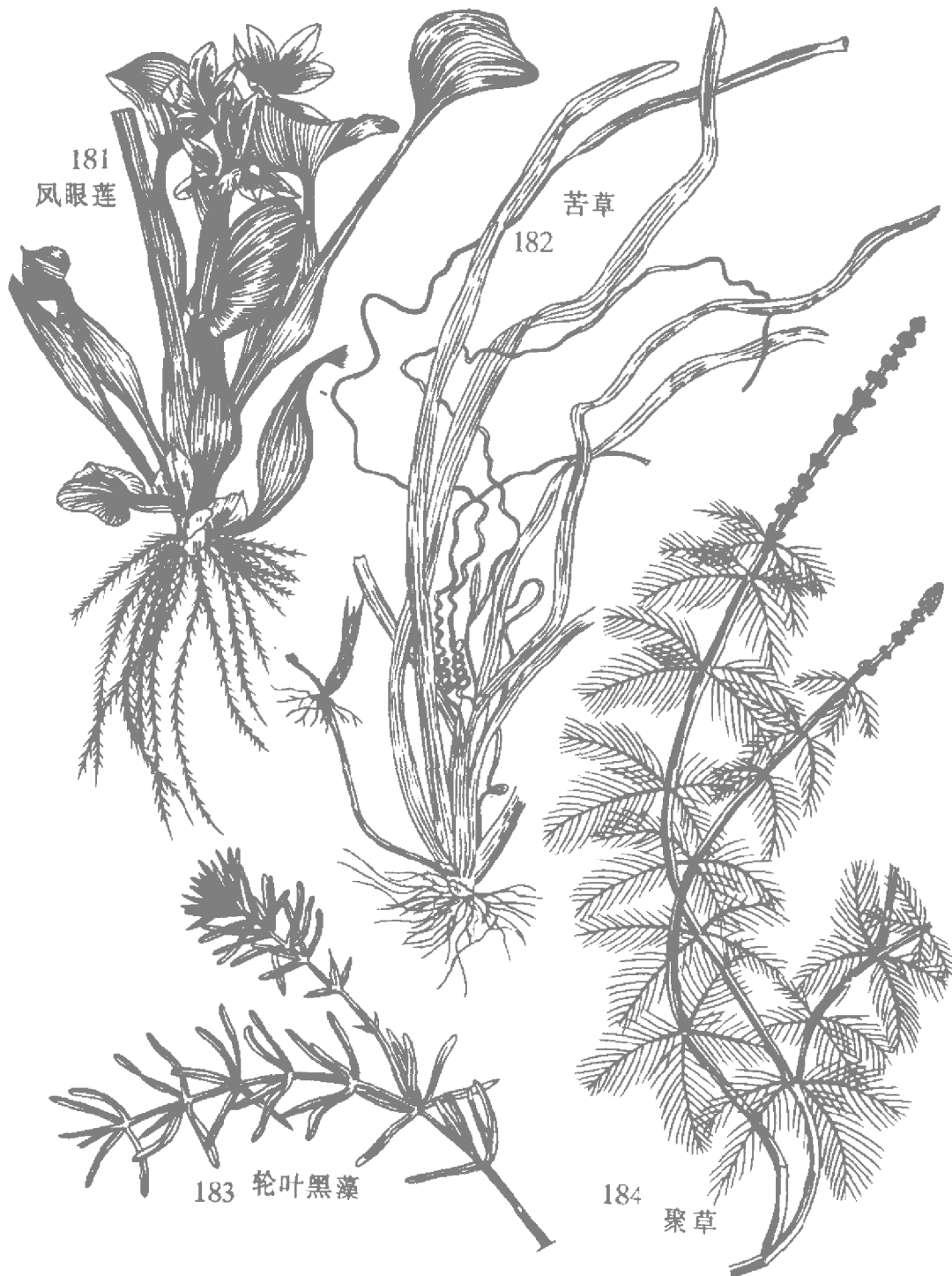


图 15 水生维管束植物 II )

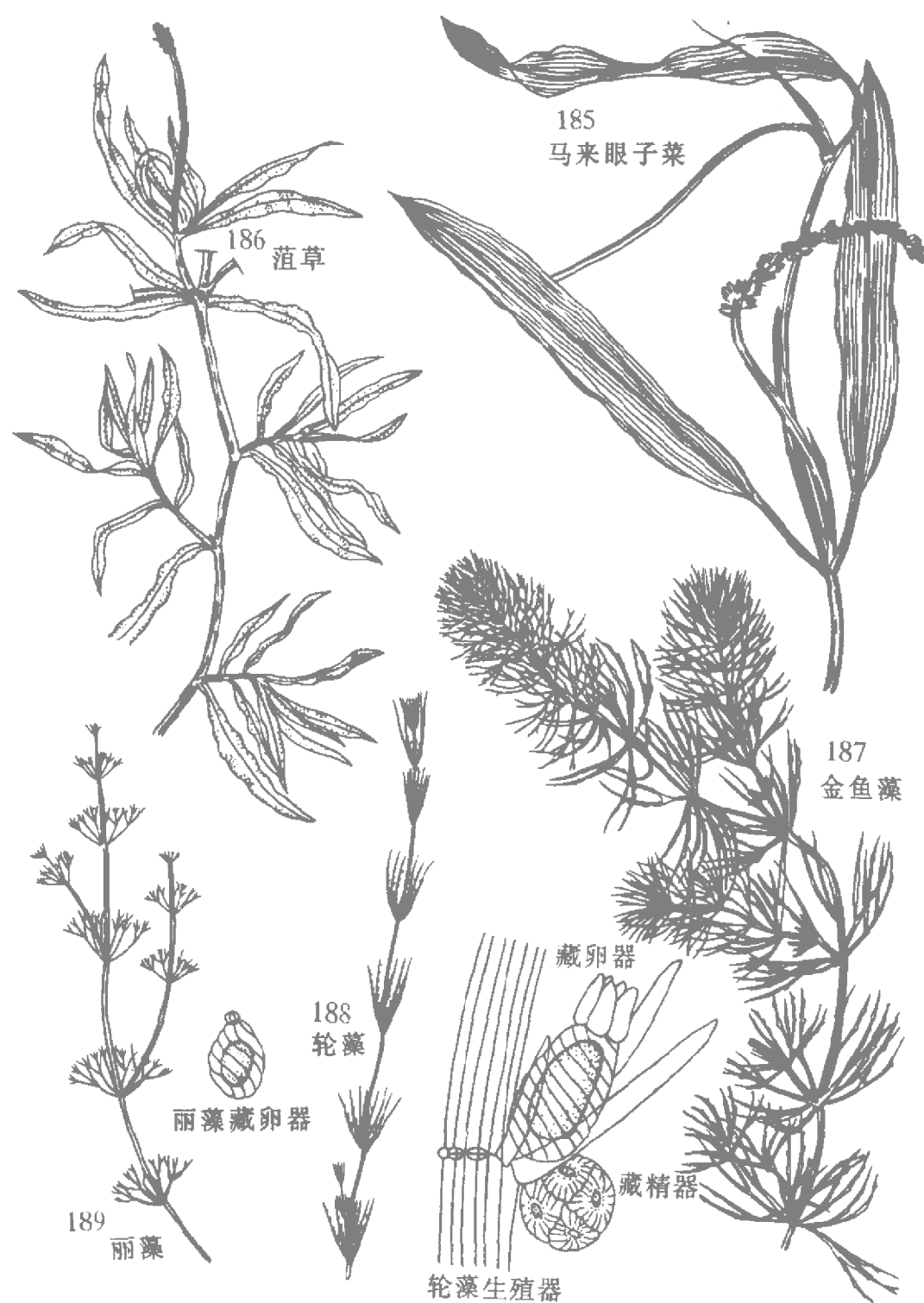


图 16 水生维管束植物 III 和轮藻

几种水生植物所含营养成分（见表 12）。

表 12 几种水生植物的营养成分(%)

品种	粗蛋白	糖类	粗脂肪	粗纤维	灰分
荸 荠 (地下球茎)	1.5	21	0.1		
茭 白	1.5	1.2			
水葫芦	1.2		0.2	1.1	1.3
水浮莲	0.89~1.35		0.21	0.64	1.4
水花生	1.28		0.15	4.29	1.46
绿 萍	1.5		0.2	1.8	1.8
芜 萍 (干物质)	31.34	38.25	10.33	9.6	10.5

### （三）虾、蟹饲料的人工培养

在虾、蟹的人工养殖过程中,饲料成本占总成本 1/3 以上。天然活饵料往往营养成分比较全面,因此在虾、蟹养殖时,要培养基础天然饵料。此外,虾、蟹对生长环境有特殊要求。“要想虾、蟹好,先养一塘草”,这是在进行青虾、罗氏沼虾、河蟹养殖中得到的生产经验,说明水草对虾、蟹养殖是重要的。水草不仅是虾、蟹的饲料,而且可为虾、蟹提供一个合适的生活环境。下面对虾、蟹饲料的人工培养技术作简要叙述。

## 1. 光合细菌的分离和培养

光合细菌(Photosynthetic bacteria)简称 PSB,是一类具有光合色素,能在厌氧、光照条件下进行光合作用的原核生物的总称。广泛分布在水田、沼泽、河川、海洋、土壤、鱼塘等地方。可作为虾、蟹等水产动物的饵料和饵料添加剂。现介绍 1995 年朱励华报道的细菌分离和培养方法。

### (1)光合细菌的富集培养和分离

①材料:材料取自江苏无锡、苏州等地鱼池。

②培养基配方:  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1 克、 $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0.6 克、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.2 克、 $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.4 克、 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  45 毫克、酵母膏 0.1 克、蛋白胨 0.1 克、生长因子溶液 1 毫升,蒸馏水 1 000 毫升、pH 值 7.0。8 磅 20 分钟蒸汽灭菌。

### ③菌种的分离培养

富集培养:对来自分离源的光合细菌按其生态习性,用相应的培养基进行富集培养,以选取较高的菌落富集量。其程序如下:选择分离源→筛选相应的生长培养基→按常规方法接种→在好光、厌氧和适温条件下富集培养。分离源取自严重富营养化的养殖场,于厌氧层、带有底泥的水层取样,并用富集培养基培养。在实验室培养箱内进行好光厌氧培养,大约 10~15 天后,再转入新配制培养基进行 2 次、3 次连续培养。培养光源为 40~60 瓦的钨丝灯,光照强度 500~2 000 勒克斯。试管放在离电灯 15~30 厘米处,在上述条件下经富集培养后,再将富集菌落接种到含有 0.1% 的酒石酸钠的培养基中进行二级培养,所获得的富集菌落多为红假单胞菌



落。

红假单胞菌的纯化培养：红假单胞菌的分离和纯化培养，采用琼脂平板分离法。即在培养基中加入苹果酸、琥珀酸、醋酸以及丙酸的钠盐各 0.05%，再加入含 1.2% 的琼脂培养基，经灭菌后做成琼脂平板。然后用无菌蒸馏水稀释培养体，做划线接种，然后在光照厌氧条件下培养，周后即形成菌落。再将不同颜色的菌落分别挑选出来，通过显微镜观察，区分其形态特征，再按划线法分离纯化培养得到纯化菌株。

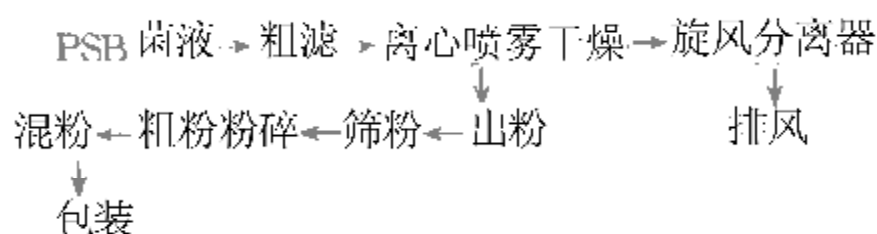
## (2) 光合细菌的实验室扩大培养

① 实验室扩大培养指用 10~20 升容器培养。生产用器皿要求用透光率好的玻璃瓶或白色塑料桶，室内光合细菌采用逐级扩大培养法，其程序大致如下：平板菌落→接 20 毫升螺口试管培养→接 300 毫升具塞玻璃瓶菌种培养→接 10~20 升容器扩大培养→50 升容器。前两级的培养属扩大接种的种菌培养，培养基应经高压蒸汽灭菌，采用无菌操作接种，并于生化培养箱中光照培养，以保证菌种纯度，最后一级扩大培养因体积较大，培养基经煮沸处理，冷却后接入纯菌即可，菌种与新鲜培养基的比例大约为 1:(10~20)，在室温 25~33℃ 之间，白天利用阳光，夜间用 25~40 瓦灯泡对称照明，光照强度应控制在 1 000~2 000 勒克斯，培养 5~7 天。培养过程中注意调整 pH 值，使之保持在最适范围，每天摇动培养瓶数次，尽量保持其受光、受热均匀。培养至第七天，菌种液中的细菌总数可达  $5 \times 10^9$  个/毫升。

② 干燥菌体的制备。新鲜菌液放入 16 000 转/分的离心机中分离 10 分钟之后，去除上层清液，菌体用蒸馏水淋洗后

再离心 10 分钟,依此处理 2~3 次之后将分离出的菌体置于烘箱中烘到恒重,制成干燥菌末。

喷雾干燥法:工艺流程为



### (3) 菌种保存

光合细菌菌种保存可用液体或固体(琼脂斜面)法进行保种。培养的新鲜光合细菌液或琼脂斜面置于 10~15℃ 的生化培养箱中,厌氧弱光保存,在 3~6 个月内能保证菌种质量,保藏的菌种从培养箱中取出后,在常规培养条件下培养 1~2 天,让其自然回复适应后即可接种培养。如果保存在暗处,菌容易死去。保存用的培养基可采用与分离培养基组成相同的液体培养基,于室温和自然弱光下保存一年,存活率达 50% 以上。

朱励华(1997)的培养方法与前述方法有一些差别:保存下来的菌种,培养前必须提纯复壮,才能有效地扩大培养。目前养殖中使用的光合细菌多为红螺菌科和一部分着色菌科的复合菌株,因为复合菌株能利用多种碳源,易于培养,能更为广泛、有效地降解水中的低分子有机物。

培养基基本配方为:氯化铵 0.1%,碳酸氢钠 0.1%,醋酸钠 0.3%,磷酸二氢钾 0.03%,硫酸镁 0.01%,酵母膏 0.05%,蛋白胨 0.05%,微量元素母液 0.1%。如制固体培养基再加 20% 琼脂。

培养的生态条件为:

①pH 值: 6.5~7.5, 在培养过程中需定时测定培养液的 pH 值。

②光照: 室内用 25~60 瓦白炽灯作光源, 培养物不能离灯泡太近。光照强度一般为 1 000~2 000 勒克斯。

③温度: 光合细菌适温范围 10~35℃, 最适温度 25~28℃。据观察, 光合细菌能耐较高温度, 在 40~42℃时仍能正常生长。

生产性培养通常采用三级培养法:

一级: 用试管或小型盐水瓶, 生长培养基需先经高压灭菌 (温度 121℃、压力 15 磅、时间 20 分钟), 然后在无菌条件下, 按规程进行接种, 接种量 10%~20%, 接种后在适宜温度与光照条件下进行培养。

二级: 采用容积为 5 000~20 000 毫升的玻璃瓶, 生长培养基需煮沸消毒, 待冷却到 25℃左右接种, 接种量 10%~20%。

三级: 采用容积为 25~50 升的塑料桶或玻璃钢桶, 培养液用次氯酸钠消毒 12~24 小时, 再用硫代硫酸钠还原后接种培养。接种量为 20%~30%。

培养场所可在一般室内, 控制温、光条件下进行。一级培养的试管种置于培养箱内。当自然温度适宜时, 采用塑料薄膜大棚培养。

不同种类的光合细菌有不同的生态生理特性, 因此在水产养殖中须根据使用目的、环境、种类等不同来选择合适的菌株。

改善和稳定养殖环境,宜选用着色菌科和红螺菌科的复合菌株。着色菌科的光合细菌由于主要以硫化氢、硫代硫酸盐等作为供氢体及电子受体,且是专性厌氧细菌,用于养殖水体后可增强对底泥中硫化物的降解。红螺菌科的光合细菌能利用有机物进行光能异养,无论在光照有氧或黑暗无氧的环境条件下,都能利用多种有机物。

在高密度的养殖条件下,养殖环境(包括水质和底质)不可避免地受到排泄物、残饵等有机物的污染,换水或循环过滤的方法并不是所有养殖池都能适用的。同时,这些方法还难以保持水中最适的微生物群落,使养殖环境缺乏相对的稳定性,并且在低温季节换水不能保持最适水温。若在养殖池中投入适量光合细菌,其脱氮作用就可随时把从池底产生的氮和有机物的初始分解物除去,不换水或少换水就能基本保持养殖池的良好环境。此外光合细菌的加入,促进了养殖池的物质循环,提高了能量转化率,增加和改变了池中浮游生物量,从而稳定了养殖环境,并使虾、蟹、鱼类天然饵料数量显著增加。

作为饵料及饵料添加剂,宜选用红螺菌科的复合菌株。光合细菌菌体含蛋白质 60% 以上,每克干燥菌体相当于 20.9 千焦热量,含有虾、蟹、鱼类所需的全部氨基酸和丰富的维生素,特别是 B 族维生素几乎都有,还具有较高含量的对动物生长发育具有促进作用的生理活性物质如辅酶 Q 等,是一种营养价值高,且营养成分较全面的细菌,可以作为虾、蟹、鱼类、贝类养殖中良好的饵料添加剂。光合细菌绝大多数种类大小为 0.5~4 微米,仅相当于小球藻的 1/20,因此是幼体适

宜的开口饵料,同时也是培养浮游动物如水蚤、轮虫、卤虫的良好饵料。但光合细菌 W<sub>3</sub> 系列几乎没有 20 碳以上高度不饱和脂肪酸,因此单独使用光合细菌作为幼体虾、蟹、鱼等的初期饵料,则稍嫌不足,如和其他富含高度不饱和脂肪酸饵料同时使用,则可大大提高其营养性,提高幼体培育的成活率。

## 2. 小球藻的培养

小球藻属于单细胞藻类(单胞藻)。单细胞藻类与其他生物一样,它的生命活动包括营养、生长、发育等活动。这些生命活动互相依赖、相互制约,并与某些外界条件联系密切。单细胞藻类的生活条件包括光照、温度、气体、营养物质等。光合作用是单细胞藻类生命活动最基本的生理作用,光合作用的强弱,与光照强度有密切关系,不同的藻类,光合作用需要的光照强度不同。单细胞藻类在进行光合作用时,要求一定的温度范围。在温度变化时,能促进或减弱光合作用。小球藻、栅藻、衣藻等属单细胞绿藻类,一般适温为 25~30℃ 上限 35℃ 左右,最适温度为 24~28℃,而海产种类如扁藻下限可在 0℃,上限 35℃。蓝藻类,温度上限较高,且对温度变化适应性也较强。硅藻类一般上、下限低于绿藻、蓝藻。单胞藻进行光合作用要吸收二氧化碳,呼吸作用要吸氧。另外单胞藻生长还与一氧化碳、氮等有关。在适宜光强和温度下小球藻、固氮蓝藻对二氧化碳需要量为 5%。单胞藻生长发育必需的元素有碳、氧、氢、氮、钾、钙、镁、铁、硫、磷 10 种。此外还需要一些微量元素,如钼、锌、硼、铜、铝、碘等。有些种类还需硅、锶等。其中在生长发育上最重要、需要量较大的有碳、氢、氧、

氮、磷、钾 6 种,前三种,可从水、空气中获得;而后三种,都要从水中或土中取得,来源不及前三种丰富,在人工培养时要补充。微量元素也需补给。在培养单胞藻时,还需加入一些有机营养物质,如葡萄糖、胨、动植物体的抽出物、尿素、酰胺、氨基酸、维生素、生长素等。

单胞藻生长繁殖的速度、方式和新个体状态等,受到外界因素如:光照、温度、营养物质等的影响,也与藻体内在因素有关,而与生长繁殖有关的内在因素主要是代谢作用。单胞藻在培养过程中,生长繁殖的盛衰,出现一定的起伏模式。这个模式可划分为五个时期:

①延缓期。该时期接种后不久,生长繁殖不明显,近乎静止状态。

②指数生长期。该时期细胞增殖呈直线上升。

③相对生长下降期。指数生长到一定程度,逐渐下降,以至停止。

④静止期。由于限制生长因子不断增加,终于使生长停止,进入静止期,该时期细胞数量保持稳定。

⑤死亡期。该时期内细胞大量死亡,细胞数量大减。

#### (1) 小球藻形态结构

小球藻细胞体积很小,把三四千个连接在一起还不到 1 厘米长,一般肉眼看不到,在显微镜下放大 600 倍以上,才能看清楚。其形状有的圆形像球、有的椭圆形像鸭蛋。每个细胞里面都有一个核。我国常见的小球藻有淀粉核小球藻和普通小球藻两种。淀粉核小球藻的叶绿体内有一个球形淀粉核,普通小球藻则没有,这是这两种小球藻的主要区别。叶绿

体通常是杯状或带状,含大量的叶绿素,能吸收光能进行光合作用,制造有机养料,供给自己生活需要。

### (2) 小球藻的分布和生活习性

小球藻在自然界分布很广,在淡水或海水里都能生长,在热带和温带地区的水中生长更旺盛。春、夏、秋三季天气暖和时,在池塘、沟渠、沼泽等都可见到其存在。小球藻生长旺盛时,水面呈现浓绿色。小球藻在  $0\sim 36^{\circ}\text{C}$  之间都能生活。若温度过高或过低,便会停止生长而沉入水底。小球藻喜温暖,水温在  $25\sim 30^{\circ}\text{C}$  时,生长最旺盛,喜欢在富含有机物的水中生长,pH 值  $7\sim 8$  为适宜。小球藻生活需强烈光照,有充分的阳光照耀时,光合作用强,光合作用还需充足的二氧化碳。所以培养时应及时补充二氧化碳。

小球藻只有一个细胞。每个成熟个体会自行分裂进行繁殖,在细胞内分裂成 2 个、4 个、8 个,有时达 16 个孢子。这些孢子在形态上与母细胞没有什么不同,故称“似亲孢子”。似亲孢子在母体细胞壁破裂后脱离而外出,成为一个个独立的藻细胞。

### (3) 藻种培养

无论是池塘、沟渠、沼泽还是培养池中的小球藻,大都是群居杂处,容易被细菌等原生动物和其他杂藻类污染。如要从这些地方获得纯种,必须经过一段分离培养。在分离培养纯种的操作过程中,应掌握如下三个原则:

① 选择优良的培养基。

② 进行灭菌操作法。在分离和培养过程中,一切器械均应灭菌处理,不使杂菌污染。培养用的培养基也应灭菌处理。

③培养要在适宜的环境下进行。在培养期间,应控制一定的温度,充分供给光照和二氧化碳等,以促进小球藻大量繁殖。

要分离得到纯种小球藻,可采用下述方法。在可能存在小球藻的水体中取样,在显微镜下寻找,首先用低倍镜,再用高倍镜,寻到后将小球藻用微细吸管吸出置于玻片上。然后选择个体饱满、色素鲜明的个体放到另一块具有生理盐水的水中稀释,到其中只有 10 个左右小球藻时,便可接种到培养基中培养。培养时温度保持 25℃ 左右,光照充分,数天后可看到培养基颜色逐渐变绿;当生长繁茂、颜色碧绿时,可将一部分藻种接种到新的培养基中,并逐次增加培养量(数升到数百升不等)作为藻种之用。

另外一种分离方法是平皿划线分离法;取白金针一支,先在酒精灯火焰上烧灼灭菌,然后挑取小球藻标本。揭开平皿盖少许(以能伸进白金针划线为度,不可过分张开以防污染)随即伸进白金针,进行划线接种。将涂有标本的平皿培养基置于 25℃ 温度和适宜光照下,或置于保温箱内,培养一周左右,便可看到培养基上产生许多藻类群落和菌落。然后在显微镜低倍镜下,用白金针挑取小球藻群落,接种到新的固体培养基上再进行培养,即可获得纯种。小球藻群落形态为灰白色、半透明、圆形孤立的小团,边缘整齐,表面光滑。群落密集的部分可看到明显的绿色。如发现仍有污染现象,可再用上述方法进行分离。直至得到纯种小球藻为止。

培养纯种的培养基制备技术:

①过滤。混浊的培养基不宜作纯种培养。所以必须事先



过滤。可用玻璃漏斗置于漏斗架,用滤纸或脱脂棉来进行过滤。用脱脂棉时,要注意撕裂均匀,边缘整齐,然后纵横相叠,轻轻压入漏斗,用水沾湿边缘,使其紧贴漏斗壁上。将培养基缓缓倒入过滤,一次不清可再次过滤。

②分装。制成的培养基应分装入试管备用。方法是取漏斗置漏斗架,漏斗下接橡皮管,管上加一止水夹,以便开闭。将培养基倾入漏斗中,分装时开放止水夹,便可将培养基分装到试管中。

③测定 pH。用精密 pH 试纸测定培养基 pH 值,用稀氢氧化钠和稀盐酸溶液调节,使培养基 pH 值达到 7~8 之间。

④固体培养基的制作。只需在液体培养基中加入一琼脂或明胶,加热溶化,再按上述操作,加以过滤、分装和高温消毒后,再冷却到 40℃以下,即得到固体培养基。固体培养基常做成斜面培养基和平皿培养基。

斜面培养基:将试管中已灭菌的琼脂培养基在液体状态时倾斜放置,使呈适当斜度,冷却后,自行凝固即成。

平皿培养基:将分装在试管的固体培养基,加热溶化,拔去管上的棉塞,管口在酒精灯火焰上通过,然后轻启平皿盖。(不可张口太大以免污染)伸入试管,浇好培养基后即盖好,轻轻摇匀浇入的培养基,使平均分布于平皿底面。最好在培养基凝固后,放在 37℃温箱中培养 24 小时,确认未被细菌污染,才能用。

#### (4)常用的培养基及其配方

培养基是一种人工养料,它是按照小球藻生长的需要,用多种物质配制而成的。

①克诺普氏溶液:是一种无机盐类培养基。其配方为:硝酸钙 3 克;硫酸镁 1 克;硝酸钾 1 克;磷酸二氢钾 1 克;0.2% 氯化铁 5 毫升;蒸馏水 3 000 毫升。配制时应将硝酸钙和硝酸钾组成一组,硫酸镁和磷酸二氢钾组成另一组,分别溶解于 35 毫升中,待充分溶解之后,再将以上两组溶液混合,加入蒸馏水至 3 000 毫升,最后加入氯化铁溶液。

②硫酸铵溶液:硫酸铵 200 克,碳酸钠 10 克,氯化钾 10 克,过磷酸钙 30 克,硫酸镁 80 克,氯化铁 20 克,水 1 000 千克。

③粪尿培养液:人、禽的粪尿都可作生产小球藻的培养液,制作方法如下:

猪粪培养液:取 1 份猪粪,加入 4 倍清水,充分搅拌,浸泡 1~2 昼夜后,取出上层溶液,每 8~10 份这种溶液中,加进 100 份水即成。

鸡粪培养液:取 2 份鸡粪(或鸭、鹅粪)和 1 份水,充分搅拌,浸泡 3~4 昼夜后,取出上层溶液。每 5~8 份这种溶液加进 100 份水。

牛或马粪培养液:牛、马粪配制的小球藻培养液,一般不及猪粪或鸡粪的肥效高,但仍可使用。方法是 1 份粪便,2 份水,充分搅拌,浸泡 1~2 昼夜后,取出上层溶液,每 5~10 份这种溶液加进 100 份水即成。

人尿培养液:陈旧的或新鲜的人尿都可应用,以 2%~5% 的浓度为宜,即在每 100 份水中,直接加入 2~5 份人尿。

上述的培养液用双层麻袋过滤以后即可使用,如高热消毒一次更好。

④草类堆肥培养液:叶子柔软易腐烂而无毒的草,例如紫云英、蚕豆茎叶、艾蒿、野菊、水浮莲、水葫芦等都可用作堆肥培养液的原料。方法是將草类堆积于缸或池内,每堆 20~30 厘米时浇洒相当于草的 2 倍重量的粪水,并撒上熟石灰粉末,约为草重的  $1/20 \sim 1/50$ 。草要踩踏紧密,层层堆满后再用干净的泥土封闭缸口或池口,让其发酵腐熟,上面覆盖草帘以减少雨水渗进。草类堆肥培养液须发酵腐熟后方能使用,一般冬季 10~15 天,秋季 5~7 天,夏季 3~5 天,春季 8~10 天。为促进发酵,也可将草料预先在稀释过的人粪尿中浸一段时间再堆积发酵。

使用前除去未腐茎叶等杂质,用数层麻袋过滤,滤出液最后经煮沸消毒后再使用。使用时将滤出液冲淡 20~30 倍。另外捞出的未腐茎叶浸在缸或池的清水中,这种浸出液照样可用。开启后堆肥培养液不可长期放置不用,暴露在空气中会减少肥效,用这样的培养液来培养小球藻往往会失败。

使用上述有机肥料时应注意调节 pH 值,浓度过淡过浓都会影响小球藻的生长,在小球藻生长过程中,应勤追肥。如发现水色变黄时说明小球藻发育不良,此时加全量克诺普氏溶液,添加量按培养液总量的  $1/15 \sim 1/10$ 。常能使水色转绿。有机、无机培养基混合使用往往使肥效更好。应检查培养液注意是否有虫粪存在,如有应去除,否则会影响小球藻的生长。

⑤混合培养基:无机和有机培养剂混合配制。

小球藻培养液种类很多,各地可根据具体情况,就地取材。

### (5) 小球藻纯种的保存

为了进行连续生产,保存一定数量的纯种是很重要的。来源可从培养池中取留。纯种一般用固体培养基来保存。接种后的培养基应贮存在温度较稳定的地方,保持光照,防止水分蒸发和细菌污染,每隔 2~3 周,重复接种一次,以保持小球藻旺盛的生命力。

### (6) 小球藻生产培养池的建造

大面积生产小球藻一般要建造培养池。可利用屋前房后的小池、粪池、小塘等,没有固定的形式和大小。若进行新建,为了节省投资,使受光面大,便于操作等,以正方形和长方形为好,一般以 40~70 平方米为宜。在建造时应注意以下几方面:

①水源充足、取水便利;

②土质坚实、地势高燥、阳光充足、四周无高大树木及建筑物;

③不紧靠工厂、大道,以防风沙尘土,四周最好有草地;

④交通便利。

培养池的种类可以是:

①地上池:池身建在地面上,高 0.5~0.6 米,池底与地面平。这种池省工、省费用,排水方便,尘土杂草不易进入,较清洁。与地下池比,水温在夏天更高,冬季更低。

②地下池:挖土深 0.5~0.6 米,池口与地面齐平。这种池操作方便,但花工较多,排水不便。尘土杂草易吹进池内。

③半地下池:池身一半在地上,高 0.2~0.3 米,一半在地下,挖土深 0.3 米左右。这种池可防尘土杂草落入,但排水不方便。

### (7) 清池接种

培养池接种前或培养到一定的时候都需要清池。当池底脏物多了,藻种杂了的时候,便要将池中原液全部排出,用清水将池壁、池底冲刷干净,再用 5 毫克/升的漂白粉溶液或 2 毫克/升硫酸铜溶液洗涤池壁和池底,最后用清水冲净。所用工具也用同样方法洗净、消毒。泥池在清洗时,将池底和壁上附着的泥浆刮掉,以保持培养液清洁。

清池后,注入配好的培养液,就可重新接种生产。一般每 50 千克培养液加藻种 5 千克左右。若增加藻种用量,能使小球藻繁殖加快,所以如果藻种丰富,每 50 千克培养液可加入 10 千克左右的藻种。

正常生产的培养池,每次可采收一半,留下的一半充作藻种。如果藻种已发生老化,1/3 以上小球藻沉淀或被污染,则应彻底清池后再接种。

### (8) 生产管理

培养小球藻一定要精心管理才能取得丰收。特别在气候忽冷忽热、光照不足等不利条件下,更应管理好,否则会减产,甚至几小时内变质、死亡。为此必须抓住以下几点:

①定时搅拌、定时用工具搅拌培养液,增加培养液中的氧气,防止培养液表面形成薄膜。表面薄膜由细菌分泌物质凝结而成,妨碍氧气进入及光线射入,致使小球藻下沉。当光线弱、温度低、培养液酸碱度发生变化时,小球藻便会急速下沉,或依附于培养池侧壁。通过搅拌可调节培养液上、下层的温度,增加光照面积,改善小球藻生活条件,防止下沉。但搅拌也不能过分,应根据不同季节,适当掌握。温度高多搅、温度

低少搅。一般每天搅拌 5—6 次,避免顺一个方向旋转而产生离心力,促使小球藻下沉。正确的方法是用搅拌器在池内前后、左右来回振荡,直到培养液出现小气泡为止。搅拌器一般为木耙、木棍等。有条件的可设计畜力、风力或电动搅拌器进行搅拌。

②补足二氧化碳。小球藻进行光合作用,除需要充足的阳光外,二氧化碳也不可缺。增加培养液中的二氧化碳含量,对小球藻的生长有很大的促进作用。试验发现,当天通进二氧化碳,第二天水色就发绿,第四天就碧绿,说明小球藻生长旺盛。如不通二氧化碳,第三天才呈现淡绿色,以后也不见转深绿,说明小球藻生长停止。但通入二氧化碳也不能过多,过多了会抑制小球藻的呼吸作用,产生不良后果。天气晴朗、光照充足、培养液表面产生大量泡沫,说明小球藻化合作用正常,二氧化碳可不加或少加;如果培养液表面没有气泡,就应适当补给,阴雨天光线不足时可不加。夏季高温,二氧化碳消耗量大,每天补给一次;春、秋季隔天补给一次。当日照充足,培养液中二氧化碳含量达到气体总含量的 5% 时,小球藻的光合作用最快。若想估计培养液中二氧化碳含量是否合适,最简便的方法是用肉眼观察培养液,如果见到水面陆续有小气泡放出,说明二氧化碳含量是充足的。此外,还可通过测定酸碱度来估计二氧化碳的含量。通常,在通进二氧化碳之后,培养液的 pH 值会降低约 1 度。因此,测知培养液 pH 值较高,补充二氧化碳的时间应长些;否则可短些。二氧化碳来源,可利用肥料发酵、煤炭炉燃烧等产生的二氧化碳,也可用市售钢筒所装的二氧化碳。

③保持一定水温。小球藻在水温  $25\sim 30^{\circ}\text{C}$  时生长最迅速,水温过低过高会使其生长不良而沉到水底。盛夏水温超过  $36^{\circ}\text{C}$  时便要想法遮荫、搅拌或加深水层(如从 30 厘米深加到 40 厘米)。冬季寒冷,需挡风避寒,加盖温棚等,还可增加藻种的量(比其他季节增加 30% 的量)。

④控制光照。光照时间每天应保证 4 小时以上,通常露天培养池可不必加人工光照。但连日阴雨、光线不足,则应增加人工光照。

⑤追肥。培养池的水长期呈淡黄或淡绿,这是肥效不足的表现,这时要及时追肥。当雨后水量增加时,也应当相应追肥。经常追肥,对小球藻生长繁殖很有帮助。

⑥防治虫害。防治虫害是小球藻规模生产的重要工作。虫害严重时半天到一天就会把小球藻吃光。所以防治虫害就显得很重要。配制培养液一定要用清洁水;肥料发酵后要进行过滤消毒;使用的工具也须清洁,防止外界细菌、杂藻和各种原生动物侵入。一般小球藻繁茂,虫害便少;越是生长差,虫害就越多。所以在培养时,适当增加藻种比例,既可使小球藻繁殖迅速,又可减轻虫害。平时要经常捞除池内虫卵、液面薄膜、杂草等,保持池水清洁;还应经常检查观察是否有其他原生动物侵入。常用的方法是用玻璃杯盛满藻液,对着阳光观察;或用显微镜放大  $100\sim 400$  倍检查。

池内发现有轮虫时,可用 8 毫克/升,硫酸铜或 1~2 毫克/升漂白粉加以杀灭,轮虫对小球藻为害很大,严重时,一昼夜可将已变绿的培养液中的小球藻吞食一半甚至全部。漂白粉不能过量,否则会破坏小球藻生长。培养液中有孑孓时,可

用 1 毫克 / 升晶体敌百虫杀灭或用纱布过滤清除。

### (9) 小球藻的采收

过早或过迟采收小球藻都会影响产量,过早时小球藻还在继续生长繁殖;过迟则小球藻已老化、发生沉淀。只有在小球藻生长繁殖达到顶点时,才是采收的最适期,能获高产。一般在气候温和、光照充足、养分全面时,它的生长繁殖快、生产周期也短,每隔 3~5 天便可采收一次。若天气较冷、光照不足、养分缺乏,生产周期就长,有时 1 个月只能采收 1~2 次。

判断小球藻是否能采收,可用肉眼观察、比色及酸碱度测定等方法:

①肉眼法:主要观察颜色和密度。用玻璃杯取出培养液,在日光下顺光线方向来观察杯内颜色深浅。如是淡绿色,说明小球藻已开始生长繁殖;如水色达到深绿或碧绿,且带有青草气味,即可作为采收适期的依据。也可用手掌伸入培养液中,手心向上,如手掌离水面 6~7 厘米时即看不清五指,即已符合采收要求。还可用白磁板放置水面下,离水面 10 厘米左右,若只能隐约看到白色,也说明达到要求了。有条件的还可使用红血球计数板,计算密度,当达到 600 万个 / 毫升以上便为采收适期。

②比色法:预先制成 5 种颜色的标准色阶,再取小球藻培养池水与之相比,决定采收适期。制标准色阶的原料液为:甲液——取 0.114 克硫酸铜,在 10 毫升蒸馏水中溶解;乙液——取 0.2 克重铬酸钾,在 10 毫升蒸馏水中溶解;丙液——取氢氧化铵溶液 0.7 毫升倒入 9.3 毫升蒸馏水中摇匀。首先取甲液 5 份、乙液 4 份和丙液 1 份,倒在一起摇匀,稀释 20 倍



后,得混合液,按下法制成五种标准色阶:

第一管:混合液 5 毫升加蒸馏水 5 毫升,——碧绿。

第二管:混合液 4 毫升加蒸馏水 6 毫升,——深绿。

第三管:混合液 3 毫升加蒸馏水 7 毫升,——绿。

第四管:混合液 2 毫升加蒸馏水 8 毫升,——淡绿。

第五管:混合液 1 毫升加蒸馏水 9 毫升,——初绿。

如以上各色阶不够理想,应调制比例至符合要求时为止,将配好的标准色阶分装到试管内,管口用塞塞紧,再用蜡封口后备用。

使用时用同规格试管取培养液,在日光下,顺着光线观察,如小球藻样品与第一管(碧绿)及第二管(深绿)相近时,可认为是采收适期。

③酸碱度测定法:每天对培养液测定酸碱度 1~2 次,观察变化,随时作记录。小球藻生长旺期 pH 值上升,生长繁殖达到饱和程度时则达到顶峰。如发现 pH 值突然下降,说明生长繁殖已不再有很大的增加,且可能有老化倾向,可作为确定采收适期的标志。再结合观察颜色,以准确决定采收适期。

采收小球藻的方法是:使小球藻在培养池中沉淀,再采收沉淀的浓缩液。为了使小球藻沉淀,一般采用明矾或石灰水。每 5 000 千克培养液约需明矾 1.2~1.5 千克或生石灰 5 千克。具体用量也可取少量培养液或在小范围池中作试验后来确定。用明矾作沉淀剂时,先将明矾用开水溶解成明矾溶液,再倒入池中搅拌均匀。也可将明矾研成粉末直接撒入然后搅拌。也可将明矾装入袋或篓中,悬在竹竿上,放入池中来回搅动使其溶解。一般半小时便有凝聚块出现, 6~12 小时沉淀

完全。采收时先开池壁最上层孔,然后开第二、三孔,徐徐排出上层清液,剩下的便是小球藻浓缩液。用石灰时,先将生石灰加水,5 千克生石灰加水 500~1 000 千克,搅拌使之溶解,让石灰沉淀,上层清液便是饱和石灰水。每 5 000 千克小球藻培养液可加入这种饱和石灰水 300 千克,搅拌均匀,使小球藻沉淀。

用沉淀法采收时会发生以下三种现象:

①藻体沉淀池底,上部清晰透明,表明沉淀剂量得当。

②藻体呈云絮状,浮在水面,表明沉淀剂使用过量(温度过高也有影响),这时可用布袋将浮起的小球藻捞起,或排出下层清水,收集上面的小球藻浓缩液。这样收集的小球藻较干净,但影响产量。

③上、下层水清晰透明,小球藻悬浮在中间,这说明沉淀剂加得太少。可再加少量沉淀剂。这种现象也会造成产量部分损失。所以沉淀剂应准确计量。

在大池中采收的小球藻浓缩液混有杂质和灰沙,一般用二层粗布或麻袋加以过滤。如有必要,可用清水冲洗小球藻浓缩液,滤去杂质,便于加工。

#### (10) 小球藻的干燥

小球藻浓缩液放置过久容易腐烂变质,为便于贮存,应加以干燥,制成干粉。干燥方法有人工烘焙和自然暴晒法两种。前者投资大,一般采用暴晒法。如用簾帘,上铺细布,将浓缩液铺于其上,一般夏天 1~2 天,冬天 4~5 天便可晒干。有的用砖筑成晒台,高约 0.6 米,宽 1 米,四周设孔以加强通风,台面铺粗麻布,其上再铺一层纱布。将浓缩液摊在纱布上让日

光照晒。由于下面的砖块能吸收部分水分,所以该法可加速干燥。也有的将浓缩液装在布袋里,挂在通风处,加压使水分流出,当小球藻呈现浆糊状,再连袋埋在茆糠灰中,吸收掉水分后再摊在簾帘上晒干,晒干的小球藻称藻干,磨成粉称藻粉。

### (11) 单胞藻塑料桶封闭式扩种技术。

生产上单胞藻培养的传统做法是采用小型玻璃瓶一级保种,小池或玻璃缸桶二级扩种,大池三级培养。由于扩种是开放式的,很容易受到污染,从而使后续三级大池培养失败。为解决这一问题,目前普遍使用尼龙袋进行封闭式扩种,扩种的袋数达几百只,竺俊全(2000)采用单胞藻塑料桶扩种技术,做法如下(以培养金藻、扁藻为例)。

①培养装置:市售容量 50 升的白色圆形塑料桶作培养容器(透明度越大越好)。用时将桶洗净,然后倒入煮沸消毒过滤过的洁净海水至桶的  $2/3$  以上,加盖密闭,待桶内海水完全冷却之后,打开盖,按比例加入营养盐,接入藻种,接好充气管,然后,桶口盖上双层纱布,其上再覆盖尼龙薄膜。

②培养液:根据培养藻种的种类不同,选用不同的培养液配方。金藻、扁藻培养用 MAV 培养液,其配方如下:100 克  $\text{KNO}_3$ , 2.5 克  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 10 克  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 0.25 克  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , 20 克  $\text{EDTA-Na}_2$ , 消毒海水 1 000 升。

③扩种方式:瓶接桶扩种时,选用一级玻璃瓶培养的、处于指数生长期的优质纯种作为扩种的藻种,接种密度:金藻、角毛藻每毫升  $50 \times 10^4$  细胞以上;扁藻每毫升  $10 \times 10^4$  细胞以上。先接  $1/3$  桶,随着单胞藻生长,逐渐加满培养液。桶接

桶扩种时,桶内单胞藻达到一定密度(金藻、角七藻每毫升  $250 \times 10^4$  细胞;扁藻密度达到每毫升  $50 \times 10^4$  细胞以上时,可分桶进一步扩种,即从桶中取出  $2/3$  藻液接其他桶,留下  $1/3$  藻液,加满培养液继续培养。这样桶接桶扩种可连续  $2 \sim 3$  次,一般第 3 次桶接桶后不再分桶,分桶次数多可能造成污染。

④注意事项:扩种过程中注意消毒灭菌,手要洗净并用酒精棉揩擦干净;分桶取藻液,加培养液的瓢及其加营养盐的量筒或量杯、盖桶口的纱布及尼龙薄膜、充气管等都必须消毒后使用。扩种所用的培养液用洁净过滤海水经煮沸、冷却,加营养盐配制而成。桶应排列在采光通风良好的培养室内,若在高温季节,最好将桶排列在四面通风的专用蔽棚下,以免温度过高影响单胞藻生长。白天连续充气,夜晚停气,高温季节中午不充气。桶要编号标记,注明扩种日期,以便于按扩种顺序接种三级培养池。瓶接桶、桶接桶、桶连池是连续的接种过程,藻种必须是纯的,并在指数生长期,已污染、老化的藻种不能用于接种。

用塑料桶封闭式扩种技术培养单细胞藻,具有生长快、操作方便、污染极少的优点。一般 1 000 立方米水体的中型育苗场,用 150~200 只桶扩种,就可以为后续大池三级培养提供优质充足的藻种。

国内外研究证明,培养单胞藻类,对水产经济动物养殖有重要意义。例如小球藻可提高水产动物育苗成活率。河蟹育苗成活率可提高 15%~25%;对虾育苗成活率平均提高 10%~20%。青虾、贝类及其他鱼类成活率,育苗成活率均能提

高,出苗量大,可获更大效益。江苏省淡水水产研究所 1992 年前后两年在河蟹育苗中,前期以单胞藻、轮虫为主;后期以鱼糜、红虫为主进行饵料系列试验,共培育大眼幼体 679.05 万只,与采用半年虫育苗相比,生产成本大幅度降低,只为后者的 39.70%。

### 3. 轮虫的培养

虾、蟹幼体阶段以浮游生物为食,尤喜食浮游动物。所以在虾、蟹苗种阶段,要培育浮游动物。轮虫是水产动物(虾、蟹、鱼)育苗的重要饵料之一,目前尚无很好的替代品。

虾、蟹养殖过程中,首先要在放养苗种池塘中培育基础饵料,或是在另外池塘中培育活饵料进行捞取投喂。例如,虾苗培育或苗种下塘,适时供给适口饵料,便能大大提高其成活率。而清塘灌水后浮游动物种群发展是有规律的,我们可以利用这种规律,使苗种获得足够的适口饵料。浮游动物发展的规律通常是纤毛虫和滤食性轮虫→肉食性轮虫→小型枝角类→大型枝角类→桡足类,如果水源是几乎没有浮游动物的井水或泉水,首先出现的优势种通常是从池底休眠卵萌发的臂尾轮虫,几天后主食臂尾轮虫的品囊轮虫大量出现,然后出现裸腹蚤和蚤的高峰。如果以水库、湖泊或其他已形成浮游动物群落的水为水源、池中浮游动物种数较多,与臂尾轮虫、品囊轮虫同时出现的还有桡足类的无节幼体、疣毛轮虫、巨腕轮虫、三肢轮虫、龟甲轮虫和多肢轮虫等,在枝角类中还有较多的象鼻蚤和船卵蚤等。

为了培育池塘中的基础饵料,一般采用施肥方法。掌握

合适的施肥时间,使施肥后浮游生物的繁殖正好适合下塘苗种摄食的需要。一般在池塘施肥后,各类浮游动物高峰期的出现顺序为:首先是原生动物,其次是轮虫,再次是枝角类,最后为桡足类。这是由于它们成熟时间和繁殖速度不同所致。而苗种下塘后(例如青虾孵出,河蟹土池育苗)要求食物大小变化是:轮虫和无节幼虫→小型枝角类→大型枝角类和桡足类,这同池塘浮游动物繁殖的顺序是一致的。池塘适时施肥就可较好利用这二者的一致性,使虾、蟹苗孵出时正好出现轮虫繁殖的高峰期,不但虾、蟹苗有充足的适口饵料,而且以后各个发育阶段也都能有丰富的适口食物。如果施肥过早,轮虫高峰期已过,大型枝角类大量繁殖,它们不仅不能作为初期苗种的饵料,而且消耗池中的氧,摄食苗种的其他适口饵料如细菌、藻类、有机碎屑等抑制轮虫繁殖,使虾、蟹苗生长不好,影响成活率。施肥过晚,轮虫高峰期尚未出现,苗种适口饵料少,生长也会受影响。

施肥时间要视天气、水温 and 肥料种类等而定。天气正常时,在苗种孵出或下塘前 5~6 天施肥。施青绿草类如蚕豆秸秆等应提前 1~3 天扎把散放池边浸水,因为腐烂分解需时间。施腐熟粪肥或混合堆肥则可缩短 1~2 天。

轮虫繁殖数量和达到高峰的时间与轮虫休眠卵数量及水温有密切关系。如塘底淤泥较厚,保水力强,并大量追施过有机肥料,淤泥中的轮虫休眠卵就多,而新开的池塘或沙质底,渗漏严重,或淤泥虽厚但盐度较高的池塘,则轮虫休眠卵少。轮虫休眠卵广泛分布于各不同深度的淤泥层中,由表到底逐渐减少,呈“V”形分布,以表层(0~5 厘米)淤泥中最多,但完

全暴露于泥表面的却很少。在池中,只有完全暴露于泥表面或漂浮于水层中的休眠卵才能萌发。因此,在清塘后需用铁耙搅动表层淤泥,把休眠卵翻动到泥表面或水层中来,促使其萌发。在一定温度范围内,轮虫休眠卵萌发时间随温度升高而缩短。水温为  $25^{\circ}\text{C}$  时,池塘清塘后约经 5 天,轮虫数量可以达到高峰。有时用石灰清塘后可能部分泥面被石灰覆盖,影响了休眠卵的全而萌发,因而会推迟轮虫高峰期的出现。清塘后用铁耙搅动淤泥,一方面可使石灰浆与淤泥充分混合,以提高石灰清塘的效果;另一方面可将休眠卵翻到表面来,增加轮虫萌发的数量和提前达到高峰期。轮虫繁殖的高峰期通常持续 3~5 天,以后由于敌害生物侵袭或食物缺乏而迅速下降。

随着育苗生产的发展,轮虫培养技术不断进步。近年来发展起来的生长“包裹”技术,是利用轮虫这个活载体,将苗种所需的某些营养物质传递给苗种。这一技术已在欧、美、日等国家和地区的海水育苗场中得到广泛的应用。国内生产轮虫主要有土池培养和室内池培养两种方法。土池培养时轮虫的密度一般为每毫升几十个,室内池培养的轮虫培养密度一般可达每毫升 100~200 个。近年来国外有人开始探索提高轮虫培养效率的途径,研究高密度培养方法及其相应的培养装置。如调节 pH 值,掩蔽  $\text{NH}_3$  毒性,采用物理吸附方法降低系统内悬浮物密度,轮虫的最高密度可达每毫升  $4 \times 10^4$  个。

褶皱臂尾轮虫适应性强,易于培养、繁殖快,在国内外水产经济动物人工育苗生产中广泛培养,作为虾、蟹、鱼等幼体饵料。例如,在河蟹人工育苗中,使用轮虫作为河蟹幼体——

蚤状幼体 I ~ IV 期的动物性饵料投喂,具有成本低、幼体生长发育良好等优点。

### (1) 土池培育

①培养池:以面积 1 亩左右,池深 1~1.2 米为宜。海、淡水来源方便,盐度可调,池的围堤应坚固、不渗漏。

②清池:目的是杀灭轮虫的敌害生物。首先排除积水,以 30 毫克 / 升漂白粉溶液全池泼洒。积水处可直接施放漂白粉,但浓度应提高到 50 毫克 / 升以上。保留冬卵的池改用鱼藤精(7.5%) 2~3 克,六六六 15~30 克。培养过程中,如发现池内产生桡足类或其他敌害生物,可直接用鱼藤精和六六六混合剂来清除敌害,但提供饵料,则需有 20 天的安全期。

③施肥:培养褶皱臂尾轮虫,以盐度 15‰~25‰ 为佳,前期低盐度则更容易培养,调制盐经 200~240 目筛绢网过滤,进水 50~60 厘米。然后施肥。施肥量宜掌握在:氮肥 10~15 毫克 / 千克;磷肥 1~2 毫克 / 千克;同时增施 1~5 毫克 / 千克的人尿。在秋冬季,施入经发酵后的鸡粪 100~200 毫克 / 千克作为基肥。当池中藻类繁殖到一定浓度后,逐渐加水至 0.8~1 米深。

④接种:池中藻类达到一定密度,便可接种轮虫到池中进行培养。接种密度一般为 50~1 000 个 / 升。若培养池中保留有足够的冬卵,便可以不再接种。

⑤培养管理:轮虫大量繁殖后,摄食量大增,耗掉大量藻类,为了维持池塘中浮游藻类的一定的密度,必须进行追肥。追施肥料的时机和用量则要根据具体情况而定,如水色、轮虫增殖情况等。一般以池水的 pH 值作为指标, pH 值应保持在



8.3~8.7 范围之内,若发现池水 pH 值下降,应予施肥或泼洒豆浆。

注意保持池水正常水位,并防止水质老化。若池水蒸发量大,要防止盐度增高,须及时加注淡水或交换新鲜海水,维持正常水位。

经常测量池水 pH 值及轮虫生长增殖情况。

⑥轮虫的采收:当轮虫密度达到 50 个/毫升以上时,要及时采用,以免因密度过大,造成轮虫滞育。采收的方法是用 120~150 目的浮游生物网来拖集;也可在夜间用灯光来诱集,也可在池中在小潜水泵前安装 120 目筛绢网箱循环抽水收集。

## (2)室内水泥池培育

陈兆荻(1999)在海水育苗中进行室内水泥池培育轮虫,其具体做法如下:

①种源:轮虫种源是利用冬卵(休眠卵)孵化。此法使用方便,但成本较高。冬卵孵化在底部为圆锥形的透明容器中进行,海水盐度控制在 10‰~20‰,温度为 25~30℃,以 1 000 勒克斯的光照强度连续照射,并从底部充气,使卵在孵化水中充分悬浮以利吸水。孵化密度为 0.2 克/升卵。也可用 50 升白塑料桶孵化 5 克冬卵。将桶悬挂在水温 28℃ 的水泥池中,桶中加一气泵不断充气,桶上方 1 米处挂一盏 100 瓦白炽灯泡,连续光照,约 25 小时孵化完毕,效果良好。

②扩大培养:常用的培养容器为玻璃培养缸、水族箱、小水泥池等。小规模培养用水应通过煮沸或超微过滤(300 目筛绢或沙滤池过滤)以除去敌害生物。接种密度根据虫的数

量及育苗生产需要而定,以每毫升接种 1~50 个为宜。投饵可用单细胞藻类,也可用各种酵母。培养中,为了使饵料均匀分布,并增加溶氧,根据条件采用搅拌和充气。如果用充气方法,则以微泡充气,水面不形成人的水波为宜。

### ③生产性培养及强化培育

当轮虫扩大培养到一定数量时,便可在 10~30 平方米的水泥池中进行生产性规模培养。规模培养时应将水温控制在 28~30℃,盐度调制为 20‰左右,保持环境因子相对稳定,并进行中等气量的连续充气。

培养用水除经过沙滤池过滤外,还可用漂白粉消毒除野,并进行充气、曝气。

为了达到轮虫高繁殖率和高营养价值的目的,根据轮虫繁殖习性和苗种营养需求,饵料一般采用单胞藻与酵母交替投喂的方法,或者先用酵母培养轮虫,再以高密度海水小球藻进行强化培养。在育苗生产中曾综合使用上述方法,既交替投喂,又进行强化培养,培养的轮虫营养全面,育苗的效果良好。具体操作是:白天投喂小球藻,使池水呈淡绿色,并根据水色适时添加藻液,保证轮虫的摄食需要;傍晚时根据池中轮虫密度投喂  $1 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-6}$  浓度的酵母。

轮虫繁殖达到一定的密度后,便可采收,用于育苗生产。生产上一般采用间收法,也就是根据育苗生产对轮虫的需要量,结合轮虫增殖情况,在每天傍晚以虹吸的方法收集池中部分轮虫。要注意采收量,不能影响池中轮虫的正常增殖。然后向池中补充适量海水或藻液,并泼洒  $1 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-6}$  浓度的酵母。

进行营养强化培育的方法是：先在小型水泥池或大缸中加入高浓度的藻液，保持充气，然后放入收集洗净的轮虫，第二天天亮后便可采收，用来进行育苗投喂了。

通常轮虫池连续使用半个月左右，应将池中轮虫全部采收或移池培养，根据生产需要，将原池清洗后再进行第二次培养或作它用。

生产实践中，海水小球藻的生产量制约着轮虫的培养与使用。酵母虽可作为轮虫饵料，获得足够的轮虫，但这种轮虫的营养不全面，不能满足虾、蟹等的营养需求。目前随着浓缩海水小球藻和冷藏保存技术的试验成功，育苗场可利用育苗闲季大量培养小球藻，浓缩冷藏保存，待培养轮虫时再直接作为轮虫饵料，以解决轮虫的摄食量大于单细胞藻类繁殖速度的矛盾，使生产季节轮虫的培养与使用不受小球藻的制约，保证有足够优质轮虫，满足育苗生产的需求。

④轮虫保种：在轮虫发育良好的情况下，突然改变外界环境或中断投喂、饥饿几天，轮虫便会产生大量休眠卵，以便度过不良环境，当环境条件适宜时，休眠卵又会孵出轮虫。在土池中已引种的轮虫培养池，第二年便无需再引种，加入新鲜海水，温度适宜轮虫便自动孵出增殖。另外，也可用吸管吸取数十个优质轮虫到小三角瓶中，保存在  $0\sim 6^{\circ}\text{C}$  以下，需要用时取出培养即可。

近年来国外开始探索提高轮虫培养效率的途径，研究高密度培养的方法及其相应的培养装置，日本学者(Kenji 等)的研究取得了重要进展，在投饵培养中，当轮虫密度增至 2 000 个/毫升时，溶氧水平是限制因素；加大空气通入量，轮虫培养

密度限值在 4 000 个 / 毫升左右;供应氧气可使轮虫密度接近  $10^4$  个 / 毫升,但此时  $\text{NH}_3$  浓度限制轮虫数量进一步增加;采取一系列相应措施,可使轮虫最高密度达到  $4 \times 10^4$  个 / 毫升。

李元广等(2000)对轮虫培养过程中,生长及环境变化特征进行分析研究得出如下几点,可供参考:

①轮虫的生长特征与一般微生物生长特征基本一致。轮虫生长过程可分为延滞期、对数生长期、减速生长期和衰亡期。但是多数情况下,轮虫经过衰亡期后又会出现二次生长。

②在轮虫的第一个生长阶段,随着轮虫的生长,水体 pH 值明显下降。为了使水体 pH 值处于轮虫生长的最适 pH 值范围内,培养轮虫时应控制水体 pH 值。

③轮虫培养过程中耗氧量较大,特别是投饵后,水体中溶氧水平明显下降,此时应注意防止轮虫缺氧。

④随着轮虫不断生长,水体中氨氮、亚硝态氮浓度不断上升,应采取相应措施降低这些物质的浓度,以便高密度培养。

⑤轮虫培养中,采用加臭氧及生物过滤等水处理措施,可明显降低水体中氨氮及亚硝态氮浓度,同时提高水体 DO 水平,这是实现轮虫高密度培养的有效措施之一。

### (3) 轮虫休眠卵的生产及应用

由于轮虫休眠卵具有一些特性,如个体小,易保存、易携带,可随时孵化,长期保存不影响其孵化特性及遗传特性等,引起国内外水产业者的关注和重视。

正常环境条件下,轮虫只进行无性繁殖,而休眠卵是轮虫有性生殖的最终产物,在环境条件合适时可孵化为不混交雌体。轮虫休眠卵为椭圆形,橘红色,有厚壳包裹,在一侧有一

个气囊,大小为成体雌性轮虫的一半以上。轮虫卵干重约 0.3~0.4 毫克;大型轮虫(L型)的休眠卵长为(151.76±9.24)微米,宽(103.91±6.73)微米;小型轮虫(S型)休眠卵长为(106.70±8.89)微米,宽为(77.75±6.33)微米。轮虫休眠卵为沉性卵,产后沉于水底,可耐受各种恶劣环境,如干燥、低温、高盐等。当环境条件合适时可以孵化,继续进行种群繁殖。

轮虫休眠卵在水产养殖上的优点,首先是易于保存;第二,由于养殖技术和条件的限制,尤其是细菌和原生动物等生物因素的影响,轮虫养殖常而面临全部死亡而失败的危险。使用较多轮虫休眠卵高密度孵化,可在短时间内达到养殖规模,恢复生产。用透明圆锥形底的容器,孵化液盐度控制在 15‰~20‰,孵化温度为 25~30℃,底部充气,使休眠卵在孵化液中充分悬浮。1 000 勒克斯光照,孵化密度为每升水中卵重 0.2 克左右,一般轮虫休眠卵 18 小时开始孵化,30 小时左右使孵化完毕。孵化的轮虫在 1~2 天后即可开始繁殖。再将孵化的轮虫以 50 个/毫升密度接种在容积较小的底部为圆锥形的容器中,盐度 15‰~30‰,水温 25℃左右,每个轮虫投喂单胞藻  $1.2 \times 10^4 \sim 2.0 \times 10^4$  个细胞,或投喂酵母,投喂量为 1.0~1.5 克/ $10^6$  个轮虫(以单胞藻和酵母混合投喂效果较好),培养 15 天左右即可进行大规模生产。甚至可以将轮虫休眠卵孵化后直接投喂给水产动物幼体,但目前轮虫休眠卵的高成本和低产量却限制了这方面的应用。国内外许多人都在进行提高轮虫休眠卵产量的试验。产量最高的是日本的 Hagiwara 等,1993 年在 50 立方米水体中收获了  $3.53 \times 10^9$

粒和  $1.01 \times 10^9$  粒的休眠卵,并开展了轮虫休眠卵的半连续生产技术。但由于孵化和去休眠方法等原因,这些轮虫休眠卵的孵化率一般低于 50%。而国内学者在室内试验的基础上,开发出室外轮虫休眠卵粗放式生产技术,在室外自然条件下,200 立方米的水泥池中生产了  $4 \times 10^9$  粒轮虫休眠卵。生产规模可达年产 2 000 克(约  $8 \times 10^9$  粒)轮虫休眠卵,并使轮虫休眠卵可加工成高纯度的干品。由于去滞育技术的应用和发展,轮虫休眠卵的孵化率可达到 90% 以上。

#### 4. 淡水枝角类培养

枝角类俗称水蚤、红虫,是淡水水体中重要的浮游生物,是人工养殖虾、蟹、鱼类理想的活饵料。其干重所含蛋白质质量占 40%~60%,还具有水产动物必需氨基酸,较丰富的钙质和维生素。通常采用人工捞取天然资源,或池塘中粗放式培养。随着虾、蟹等养殖业的发展,枝角类供不应求,要求对枝角类培养进行人为控制,保障供给。以下介绍一般可行的培养技术。

##### (1) 蚤种收集及选择

人工培养的蚤种来源十分广泛,一般水温达到  $18^{\circ}\text{C}$  以上时,一些富营养水体中经常有枝角类大量繁殖,早晚集群时可用浮游动物网采集。当室外水温低时,可采集往年有枝角类大量繁殖过的池塘的底泥,其中的休眠卵(冬卵)经一段时间的滞育期之后,放到室内,给予适当的条件,便可获得蚤种。在蚤类培育池中,生产结束时,在较高水温条件下( $25 \sim 30^{\circ}\text{C}$ ),突然中断投喂,饥饿数天,便能获得大量休眠卵。休眠

卵吸出后阴干、装瓶蜡封,存放冰箱或阴凉干燥处备用。

用于培养的蚤种要求个体强壮,体色微红,最好是第一次性成熟个体,显微镜下观察,可见肠道两旁有红色卵巢。当观察到身体透明、孵育囊内负有休眠卵(冬卵)种群中有较多雄性者则不宜用来接种。枝角类培养应选择生态耐性广、繁殖力强、体型较大的种类。

## (2)枝角类习见种类及培育条件

蚤属中习见的大型蚤、蚤状蚤、隆线蚤、长刺蚤及裸腹蚤属中的少数种类,均适于进行人工培养。

枝角类虽多系广温性,但通常在水温达到  $16\sim 18^{\circ}\text{C}$  以后才大量繁殖,培养水温以  $18\sim 28^{\circ}\text{C}$  为宜。大多数种类在 pH 值为  $6.5\sim 8.5$  环境中均可生活,而最适 pH 值为  $7.5\sim 8.0$ 。枝角类对环境溶氧变化有很大的适应性,而培养时池水溶氧饱和度以  $70\%\sim 120\%$  最为适宜。有机耗氧量应控制在 20 毫克/升左右。枝角类对钙的适应性较强,但过量镁离子(大于 50 毫克/升)对其生殖有抑制作用。人工培养的蚤类均为滤食性种类,其理想食物为单细胞绿藻、酵母、细菌及腐屑等。

## (3)枝角类的室外培养

①培养池的准备:枝角类的培养池可以是 10 平方米以内的土池、水泥池,最好建成长方形,池深 1 米,培养池及四周不应有杂草(水中丛生杂草会耗掉养分,还会使有害生物繁衍)。夏秋傍晚时分,应用透气纱窗布盖严,防止蚊虫入水产卵。池中以细密筛绢过滤进水,水深约 50 厘米,然后施入腐熟基肥。畜粪按每平方米 1.5 千克的量施入。如利用植物汁液培养,先将这些植物(如莴苣、卷心菜、三叶苜蓿等无毒植物)的茎叶

充分捣碎,每平方米投入 0.5 千克作为基肥。施基肥后待池水暴晒 2~3 天,捞去水面渣屑待用。

②枝角类接种:当培养池按前述准备就绪,池水中基础饵料丰富后便可接种,引种量按每平方米 30~50 克为宜(以平均每 1 万个蚤体重 1 克估算)。

③管理:在施用基肥之后,每隔几天或一周根据水质情况施用追肥,每次每平方米施用追肥 0.5 千克左右,并每立方米水体加入沃土 2 千克,以缓冲肥力和补充微量元素。土池的施肥量应偏高,约为水泥池的 2 倍左右。

人工培养枝角类,种群稳定性较难控制,甚至在短时间(一昼夜或几小时)内会发生大批死亡现象。为便于管理,培养池的面积宜小,而池数宜多。

正常情况下,枝角类以孤雌生殖方式进行繁殖,种群生长迅速。但环境条件一旦恶化或变化剧烈,蚤类即行两性生殖,使繁殖速度明显减慢。因此,培养时应保持环境相对稳定,避免饥饿、水质老化及温度、pH 值大幅度变化。同时注意观察枝角类的状态。如果发现枝角类体色淡、肠道呈浅蓝绿色,并出现大批雄蚤和负冬卵的个体、种群中幼体数少于成体数等现象,则说明培养情况不良,应抓紧改善环境条件,必要时重新进行培养。

④采收:培养条件良好,接种后约经 10~15 天,枝角类便会大量繁殖,布满全池,这时便可采收。如连续培养,每次蚤类采收量宜控制在池内现存量的 20%~30%。一般可用于抄网采集成团群体。

⑤留种:生产结束时,为给下次培养准备蚤种,可在培养



达到较大密度时,运用前面所述采集方法保种。也可以让蚤种留在原培养容器或池塘中,再次培养时,排去污水,注入新鲜淡水,条件达到要求时,冬卵便会孵化增殖。

#### (4) 枝角类的室内小型培养

室内小型培养规模小,各种条件易于人为控制,适于为室外大规模培养前的扩种培养以及进行科学研究。由于规模小,可用单细胞绿藻、酵母或 Banta 液培养。培养容器可用烧杯、塑料桶及玻璃缸等。室内培养时,夏秋时期傍晚后应将透气纱窗布将容器盖严。

①用绿藻培养:在装有清水(过滤后的天然水或曝气自来水)的容器中,注入培养好的绿藻,使水由清变成淡绿色,即可引种。利用绿藻培养枝角类效果较好,但水中藻类密度不宜过高,一般小球藻密度宜控制在 200 万个/毫升左右,而栅藻则控制在 45 万个/毫升左右,密度过高反而不利于枝角类摄食。

②用 Banta 液培养:先将自来水或过滤天然水注入培养器内,然后每升水中加入牛粪 15 克、稻草或其他无毒植物茎叶 2 克、肥土 20 克。粪和土可直接加入,草等宜先切碎,加水煮沸,然后再用。施肥完毕后用棒搅拌,静置 2 天后再用。每升水可引种数个,引种后每隔 5~6 天追肥一次。该法培养出的枝角类通常呈红色,产卵较多。

③用酵母培养:利用酵母培养时,应保证酵母的质量,投喂量以当天吃完为宜,因为酵母过量极易腐败水质。此外,酵母培养出的枝角类,其营养成分缺乏不饱和脂肪酸,故用这种方法培养出的枝角类来投喂虾、蟹、鱼之前,最好用绿藻进行

第二次强化培育,以弥补单纯用酵母培养的枝角类营养成分的缺陷。

### (5) 枝角类的工厂化培养

近年来,国外开展了枝角类的大规模工厂化培养,主要培养的种类为繁殖快、适应性强的多刺裸腹蚤。这种蚤是我国各地的习见种。以酵母,单细胞绿藻进行培养,均可获得较高产量。室内工厂化培养,采用培养槽或生产鱼苗用的孵化槽都可以。培养槽从几吨到几十吨,可以是塑料槽或水泥槽。一般一只 15 吨的培养槽,其规格可定为 3 米×5 米×1 米,槽内应配备通气、控温和水交换装置。为防止其他敌害生物繁殖,可利用多刺裸腹蚤耐盐性强的特点,使用粗盐,将槽内培养用水的盐度调到 1‰~2‰。其他生态条件应控制在最适范围之内,即水温 22~28℃,pH 值 8~10,溶氧 5 毫克/升以上。枝角类接种量为每吨水 500 个左右。如用面包酵母作为饲料,应将冷藏的酵母用温水溶化,配成 10%~20% 的溶液后向培养槽内泼洒,每天投饵 1~2 次,投饵量为槽内蚤体湿重的 30%~50%,一般以 24 小时内被吃完为适宜。接种初期投饵量宜偏多些,末期酌情减少。如果用酵母和小球藻混合投喂,则可适当减少酵母的投喂量。接种 2 周后槽内蚤类数量可达高峰,出现群体在水面卷起旋涡的现象,此时可每天采收。如果生产顺利,采收时间可持续 20~30 天。

## 5. 卤虫的养殖

卤虫,又名盐水丰年虫、鳃足虫或盐虫,属小型甲壳动物。卤虫生活在高盐度海水中,对不良环境适应性强,通常营孤雌

生殖,夏卵卵壳薄,卵直径约 0.21 毫米,在母体卵囊内发育孵化成无节幼体,入水中营自由生活。在恶劣环境中出现雄体。雌、雄交尾产生的受精卵称冬卵(或称休眠卵)。冬卵卵壳厚,圆形,直径 0.23~0.28 毫米。温度骤降及降雨是促进卤虫产生休眠卵的主要原因。冬卵经春化(低温催醒),在适合的有水条件下孵出无节幼体。最初 1~2 天的无节幼体长 0.3~0.48 毫米,橘红色,没有口器和消化道,靠自身卵黄营养生活。

卤虫繁殖快,在简陋的条件下培养便能获高产。卤虫干卵是一种“无活性”的商品,适宜贮存和运输。刚孵出的无节幼体约含粗蛋白 57.4%,粗脂肪 7.4%,灰分 19.2%,并含与虾、蟹相似的氨基酸、脂肪酸等。一旦生产需要,只要 24 小时之后便可孵出无节幼体供育苗之需,是虾、蟹幼体最适口的活饵料,目前 85% 以上水产动物育苗都需用到卤虫卵。卤虫分布于大部分盐田,我国以河北塘沽产量最大。

### (1) 卤虫卵的采收和贮存

将当年卤虫卵采收,同时进行潮湿冰冻处理,能提高其孵化率。具体做法是:用布袋盛卵,在 3.2% 粗盐水中反复洗涤,直至水清无混浊。将洗净的卵放置在  $-15^{\circ}\text{C}$  或更低温度条件下冷藏 30 天,取出卵晾干或放在不太强烈的阳光下晒干,使卵的含水率小于 13%,然后贮存备用。

### (2) 卤虫卵质量的判别

卤虫卵的特性和质量是至关重要的。不同产地的卤虫质量相差很大。判明卤虫卵质量好坏的通用指标是孵化率和孵化效率。孵化率指卵子孵出无节幼体的百分比。孵化效率

指每克卵在标准条件下——盐度 35、温度 25℃、光照 1 000 勒克斯以上,经过 48 小时孵出幼体的总数。最优良的卤虫卵每克可孵出无节幼体 30 万只。

### (3) 卤虫卵的孵化

刚采集的卤虫卵需经脱水、解除其本身体眠机制之后,重新提供孵化条件才能孵化。脱水的方法除晒干外,尚可风干、烘箱 40℃ 处理 2 天、氯化钙脱水及饱和盐水脱水等。重新孵化主要条件是:需提供盐度,适应盐度为 5‰~60‰,适宜盐度为 10‰~30‰;提供温度,适应温度为 4~30℃,适宜温度为 25~28℃; pH 值:适宜的 pH 值为 8~9。若 pH 值过低,可用浓度为 1 克/升的碳酸钠或浓度为 65 毫克/升氧化钙来进行调节。光照:1 000 勒克斯。溶氧:可低至 1 毫克/升,但最好接近饱和状态。最重要的是不能使卵堆积,要使卵悬浮在水中。孵化密度一般不超过 10 克/升。

①清洗消毒:将冰冻处理过的卤虫卵(干重 20 万粒/克),在 100 目尼龙筛绢网袋中反复用水淘洗,用水浸泡。干卵浸泡约 2 小时,干卵吸水由凹型变圆。湿卵则浸泡 1 小时即可。然后将卵倒入预先用海水或淡水制成的盐度为 15 的盐水中,用棍搅拌,使卵上浮,用瓢将浮起的卵捞出。反复 3~5 次,使卵和杂质分开。

消毒可用 200 毫克/升福尔马林溶液处理 30 分钟,或用有效氯为 10% 的次氯酸钠,配成 300 毫克/升溶液浸泡淘洗,或用有效氯 25% 的漂白粉 300~500 毫克/升消毒,液体用量浸过卵即可。浸泡淘洗后用硫代硫酸钠来除去余氯或直接用经 200 目筛绢过滤过的海水冲洗至无漂白粉气味为止。

②孵化：清洗消毒过的卤虫卵在盐度为 30‰ 的盐水中，保持水温 27~30℃ 进行孵化，孵化密度为 1~2 克 / 升。在盐水中进行剧烈通气，一般 24~30 小时便可孵出幼体。孵化可用缸、池。

如果在室内建孵化池，总面积占育苗池的  $1/5 \sim 1/4$ 。每个池 15~25 平方米，池深 1~1.3 米，池底面向排污口倾斜。排污口在池的最低处，直径 0.8 厘米。各池配进水、加热及充气设施。孵化池使用前用 50~100 毫克 / 升漂白粉消毒 5~6 天后，以 80~120 目筛绢过滤进水。

在实际生产中往往每间隔 4~6 小时分池孵化以配合育苗饵料供给。为了提高孵化率，孵化前用光照处理几分钟，以激发活化卵，促进新陈代谢。

#### (4) 分离

卤虫卵孵化后，将无节幼体与卵壳分开。分离的方法有多种。

①光诱法：孵化池一端悬灯，无节幼体具趋光性，可将无节幼体集中逐级捕出。但该法分离慢，光线不匀时会造成幼体过度密集死亡，应该预防。

②遮光法：停止往孵化池充气，在池中以黑色塑料膜遮光 20~30 分钟后，无节幼体从池壁阀门外排出，或是用虹吸法收集。

③用改良金属式装置分离：将长方形水槽分隔成三部分，中间部分设盖使之黑暗，而两侧不设盖且设光源。将待分离的无节幼体放置中间部分，加盖后，无节幼体会沿隔板的小裂口透入的光线向两侧部位游去，卵壳等则留在中间部位。

④用盐度差分离：孵化池停气半小时，打开孵化池的中、下层阀门。用 200 目筛绢网袋来收集幼体，边收集、边摇动，以免堵塞网袋孔，沥干水后放入淡水容器中，搅动几下使其散开。静置数分钟，卤虫幼体因盐度剧烈变化而休克沉底，而卵壳上浮。如此反复 2~3 次即可将卵壳分离干净。向有盐度的育苗池中投喂时，无节幼体短时间内便可复活。

⑤水烫法：用开水烫死无节幼体，然后加盐水，幼体沉底，卵壳上浮。但该法会使幼体内卵黄发生热变性，部分营养成分析出流失。

#### (5) 提高卤虫卵的利用率

生产实践中对卤虫卵孵化后再去壳，其用量可节约 25% 左右。在孵化后的卤虫卵壳杂质中，仍会有相当部分的好卵，可重新利用。可把清洗出的卤虫卵壳杂质收集后淘洗，并稍晒，再按 1 克卵、2 克漂白粉（有效氯 20% 以上），0.5 克石灰、13 毫升水的比例进行去壳处理。去壳过程中不断搅拌，水温控制在 30℃ 左右（不能超过 40℃）。当卵的颜色由咖啡色向灰褐、白色，最后至橘红色变化时，去壳工作便告完成。经上述处理的卵可孵化后投喂，也可直接投喂。

#### (6) 卤虫去壳卵的加工及使用

卤虫休眠卵外具咖啡色硬壳，其主要成分为脂蛋白和正铁血黄素，可被氯酸盐溶液氧化除去，使卵外仅存一层透明膜，该膜可被动物消化吸收，处理去壳后的卵仍可正常孵化，这种去壳卵孵化出无节幼体后，便不必再经分离便可直接投喂。这种去壳卵也可不经过孵化而直接投喂，从而省时省工降低成本。其加工方法如下：

①去壳液制备：一般用次氯酸钠或次氯酸钾，也可用漂白粉，但漂白粉用时有沉淀物，使用时不如前者方便。次氯酸钠（钾）500 毫升（有效氯按 10% 计），海水（粗盐水）800 毫升，氢氧化钠 13 克，三者充分搅匀，静置沉淀，取上清液备用。漂白粉 0.5 千克（有效氯按 20% 计），海水（粗盐水）1 300 毫升，碳酸钠 100 克，三者充分搅匀，静置沉淀，取上清液备用。

②去壳：上述用量制备的去壳液，可用于 100 克卤虫卵去壳。首先将卤虫卵在海水或自来水中浸泡 1 小时，用筛绢网捞出洗净，放入去壳液中。当卵壳从原有咖啡色变成灰白色进而至鲜橙色时，即告完成。去壳过程要求在 15 分钟内完成，以免去壳时升温而影响孵化。若水温超过 40℃，应采取降温措施。

③除残氯：去壳完成后，用 120 目筛绢网捞出卵粒，以海水（粗盐水）冲洗后放入 1%~2% 大苏打溶液除残氯。这种去壳卵便可直接投喂。

④去壳卵的保存：可放在饱和食盐水中（1 升水加 300 克食盐）。投喂时为避免很快沉底，要加强充气。

## 6. 福寿螺的养殖

福寿螺属软体动物，腹足纲。原产地在南美洲亚马逊河流域，称亚马逊巨螺。形似田螺，但长成时比田螺大得多。繁殖力强、食性杂，生长快，壳薄。每 500 克福寿螺含蛋白质 77.0 克，脂肪 1.5 克。不仅可供人们食用，而且可作为虾、蟹等水产动物的动物性饲料。

### （1）生活习性

福寿螺喜集群生活,能在水中和水界面活动,并经常漂浮于水面。喜在清洁、无污染、有微流的水中活动。最适的 pH 值为 6--8。对水温要求较高,生长最适水温为 17--30℃,生长最低临界温度为 10℃,生存最低临界温度是 5℃,最高温度是 39℃。所以在长江中、下游地区 4--10 月为福寿螺的最佳自然生长季节,而 12 月到第二年 3 月份是它的越冬期。但只要提供适当温度,它仍能生长繁殖。福寿螺食性广泛,几乎所有无毒的水草、陆草、蔬菜、瓜果等都是它的食物,但更喜摄食带甜味的蔬菜,如茄子等,也食动物尸体,人工饲料等。

## (2) 繁殖特性

福寿螺雌雄异体,当长成约 30 克时,性腺成熟,可从外形分辨出雌、雄。雌螺厣盖向内凹陷,弧度圆滑;雄螺厣盖局部向外凸出,呈高低不平状。同龄螺中,雌体要大于雄体。

气温达 15~35℃时,福寿螺即可繁殖,繁殖方式为体内受精、体外发育孵化。福寿螺白天交配,雌、雄螺互相“拥抱”,历时 3~5 小时。交配后约 2~3 天在夜间产卵。这时雌螺爬出水面而产在池或容器离水面 20~40 厘米处的壁上或水中挺出水面的植物茎叶上,形成一块块红色螺卵。每颗卵直径约 2 毫米,鲜红色。较大体格的雌螺产的卵大,卵块也大;体格小的产的卵较小而卵块也较小。交配一次的雌螺可连续产卵 10 多次,每次间隔 2~3 天。一般每个卵块重约 5 克,大的可达 10 克。刚产出的卵,卵膜柔软,之后逐渐变硬呈壳状,易碎,每个卵块约含 300~600 粒卵。自然条件下一般 10 天左右可孵出稚螺,稚螺自动落入水中,逐渐吸收卵黄发育成幼螺。卵块在孵化过程中其颜色变化很大,从深到浅,孵出之后



卵块呈白色。如果产出的卵块落入水中便会影响孵化。

### (3)福寿螺饲养条件

①养殖池:福寿螺养殖池要求不严格,盆、缸、池、沟、小塘、水泥池、土池均可。养殖池规模较大的应靠近水源,排灌方便,水质要良好。一般每个池以 20~50 平方米为宜。池壁坡度 1:2 或 1:3,池深约 50 厘米,设进、排水口。为省工节约和室内保温,也可以用各种筐、架;用砖垒;开挖小型土池后,再用塑料膜铺填,进排水可用塑料管替代。

②饲料:福寿螺饲料来源十分广泛,许多农副产品加工下脚料,如米糠、麦麸、水产动物加工废料、杂鱼,各种菜蔬边皮,根茎块茎、瓜果,水草,陆草,鱼粉,骨粉及各种商品饲料都可作为福寿螺的饲料。

③越冬设施:福寿螺生存临界水温为 5℃。在我国南方可越冬,而我国大部分地区则需要保温养殖管理才能安全越冬。例如,在长江中、下游地区,10 月份就要准备越冬。越冬池可搭建塑料大棚或其他保温棚。在棚内每平方米可放成螺 300~500 只,幼螺 5 000~6 000 只。另外还可在养殖罗非鱼、淡水白鲳等各类鱼的温室中放置盆、缸、桶、简易池。越冬的方法是,当室外温度降到 10℃时,从养殖池中将福寿螺捞起,按上述密度放入越冬池,保持水温 10℃以上。在越冬时,要经常换水,注意温差不能过大。越冬期间水温如达到 15℃以上时,要给福寿螺少量喂些青菜嫩叶等饲料,同时经常清除残饵和粪便,保持水质良好。若越冬条件好,温度达到 20℃以上时,福寿螺即可生长、繁殖。管理方法与在室外养殖时相同。

#### (4) 福寿螺的人工繁殖

福寿螺在自然条件下成螺率较低。在人工培育，人工孵化时成螺率较高。

①亲螺饲养:福寿螺养殖达 3~4 月龄,体重达 25~30 克以上时,便能性成熟,进行交配繁殖。选择亲螺要选个体大,螺壳完好无损的雌、雄螺。雌:雄 = 2:1 或 3:1 进行搭配。养殖密度以每平方米不超过 100 只为好。亲螺池中放养水生植物,如水葫芦、水花生等,不仅可作为交配活动场所,也可作为饵料补充,还有净化水质以及遮荫蔽光作用,有利亲螺生活。日常投喂除青菜、南瓜外,补充一些死鱼、商品饲料可增加营养。池塘水深控制在 50 厘米以上。池中多插些竹片、树棍,高出水面 20~40 厘米,供其产卵。在池塘一侧或四周设遮雨篷,这些产卵附设物最好插在遮雨篷下,以免卵块受水浇淋,影响孵化。保持水质清新,环境要安静少受干扰。平时要经常冲新水除污物。

②人工孵化:孵化工作简单易行。将卵块连同竹片、木棍取出,架设在盖有网片或竹筛的盆上,盆内装水。如果卵块产在草上,可用剪刀连草剪下,将附有卵块的草茎、草叶铺放在上述网片或竹筛上。初春和秋末气温低,孵化室温应调节到 25~30℃,如此通过 9~14 天便可孵出稚螺,纷纷自动跌入水层中。

#### (5) 幼螺培育

幼螺培育一般选用水泥池,池深 40~60 厘米,保持水深 20~40 厘米。池中最好有微流水。每平方米池可放养幼螺 5 000~10 000 只,池中可投喂蔬菜叶、青菜叶、冬瓜片、茄子、

瓜果皮。池水中可放养浮萍、绿萍等飘浮性水生植物。定期换水、除污,保持水质清新。设栏防止蛙、鼠等敌害入池。当气温  $20^{\circ}\text{C}$  时,经 10 天左右的培育,螺体可长至  $0.1\sim 0.3$  克,这时便可进行螺种培育了。

#### (6) 螺种培育

螺种池面积一般  $2\sim 4$  平方米,深 80 厘米,设进出水口。可建成系列水泥池,也可用塑料膜铺就的土池。进出水口每池独立,保持水质清新和充足的溶氧。放养密度为每平方米投放  $0.1$  克的幼螺  $2\,000\sim 4\,000$  只,投喂菜叶、茄子、冬瓜、西瓜皮等适当补充商品饲料。每天清除残饵,除去底层污物,防止水质恶化。其他管理与幼螺池相同。在水温  $25^{\circ}\text{C}$  条件下约 1 个月便可长到  $1\sim 2$  克,这时便可进行成螺养殖。

#### (7) 成螺养殖

成螺养殖是指将 1 克以上的螺种,养成可供上市的商品螺的饲养过程。这时螺的活动范围广了,摄食量大大增加,生长也加快,排泄物也增多,可在较大水域进行饲养。如在小型水域密养,便要充分注意水质管理。提高产量必须有充足的饲料和良好的水域、水质。一般经 3 个月的养殖,便可达到上市规格。

成螺养殖池可根据当地实际情况选池、建池。福寿螺达到种螺阶段,生命力较强,所以可利用各类空池空塘进行饲养,如要提高产量就必须加强管理。

①流水型水泥池:一般可建成长方形,面积  $20\sim 60$  平方米,池深 1 米,水深 40 厘米,池底向排污口略有倾斜。池壁顶部建有向内的出檐以防逃螺,进水可利用自流条件或水泵进

水。

②小型泥池：人工开挖面积约 60 平方米的土池，池深 1~1.2 米，坡比 1:2，可建成连片池，池底设出水管，管口应设防逃网，管周最好设挡泥板，以免堵塞。也可在土池内面铺设塑料薄膜。

③利用鱼种池、田块或其他小型水体：这类池比上述的各种池面积要大，有的可进行规模养殖。原有土地预先用漂白粉或石灰彻底清塘消毒除野，用量为每亩用生石灰 60 千克，用水溶解后全池泼洒，一周后进水。如果水面过大，可用网片分隔，分片放养。一般每片以 60 平方米为宜。如是低洼田块，可开成秧田式长条池，一边进水，另一边出水。也可在池上搭建塑料温棚，这样可提前养成螺种，提早进行成螺养殖，提高产量。

作为虾、蟹动物性饲料，可利用温棚，提前大量育成幼螺、螺种，直接放养到虾、蟹池中供其自由摄食，但应注意投喂数量，避免福寿螺大量摄食虾、蟹池中水草，破坏生态环境。

④饲养管理：根据养殖池的不同类型放好螺种。流水水泥池每平方米可放 1~2 克的螺 400 只，小型土池放 200~300 只，其他水体则放 200 只以下。放养螺种后要及时投喂。福寿螺食量大，繁殖快，必须预先有充分的饵料准备。一般每 100 只螺种每天投喂 0.3~0.5 千克饲料。具体投喂量则根据水温、天气、生长情况、饲料种类等而定，第二天及时清除残饵，以免腐烂影响水质。

饲养过程中，水质管理很重要，一般隔天或隔两天要注换新水，池中放养水葫芦，水花生等水生植物。注意防止蛙、鼠

等敌害进入。也要防止螺往外跑,危害四周庄稼、蔬菜。

虾、蟹是在水中进行攀附生活的动物。在生长季节摄食大量水草。实际经验也证明,要养好虾、蟹,先要养好一塘水草。水草不仅是虾蟹摄食营养需要的,而且提供了很好的攀附生存空间、隐蔽场所。由于水草的生长,净化了水质,吸引许多水生昆虫来繁衍,又为虾、蟹提供了活饵料。水草在盛夏酷暑时期也起到遮荫蔽日,调节水温的作用。有的水生植物本身具有药用性能,虾、蟹自由摄食,也可减少病害的发生。虾、蟹生产实践中,凡塘中各类水草成比例搭配,其中虾、蟹生长、体色、规格均较好。以下列出可供虾、蟹饲料的几种水生植物的人工栽培技术。

## 7. 水蕹菜的栽培

水蕹菜又名藤菜、空心菜。属旋花科一年生水生草本植物,茎蔓生,中空柔软脆嫩,匍匐生长,旺盛期长可达数米。茎节叶腋生侧枝。单叶互生,一般叶长15厘米,宽6~7厘米,椭圆形,基部心脏形,无缺刻,具一长柄。根须状,茎节间生不定根。夏末秋初,在短日照地区,可开花结实。花有白色和水红色两种,形似牵牛花,喇叭形。种子球形或圆锥形,初期青绿色,成熟呈深褐色。

根据叶的大小和茎蔓色泽,水蕹菜可分大叶白茎和小叶青茎两个品种。根据种植方法不同又可分为水蕹菜和旱蕹菜两种。大叶白茎的质地柔软,产量较高;旱蕹菜大多是小叶青茎,质地较粗,产量较低。

### (1) 生活习性

水蕹菜喜温暖潮湿,最适温度为  $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ ,在长江流域一带,植株不能露地越冬。水蕹菜适应性较强,对土壤要求不严格,既耐肥,又较耐瘠。低洼、盐碱、新垦地等,只要排灌方便,均可种植。深水的池塘、河滨;浅水的沼泽、水田和旱地都可栽植。

## (2)栽培方法

水蕹菜的育苗有无性繁殖和有性繁殖两种方式。无性繁殖是选留当年粗壮的母茎越冬,到下一年春季培育幼苗。有性繁殖是当年留种子,来年春季用种子培育幼苗。长日照的北方,植株不开花,不结种子;冬季气温高的地区,植株易于越冬,均可采用无性繁殖。

①母茎育苗:首先准备温床,一般长  $6\sim 10$  米,宽  $1\sim 2$  米,深挖  $0.5$  米。内垫猪牛粪、垃圾、稻草等,厚  $0.3$  米左右,浇上适量的原尿,上盖  $10\sim 17$  厘米细土,以提高床内土温和气温。然后从贮藏窖中取出越冬的母茎,选取尚未发生黄白色须根者,在晴天中午,在床中一根根密排一层,距离为  $2\sim 4$  厘米,上盖薄土,泼浇  $20\%\sim 30\%$  的粪水。白天晒床,夜间覆盖芦席和草帘。一周后母茎各节出苗。再经  $20$  天左右,苗高  $16\sim 20$  厘米,下生很多须根,分节成苗,剪取长  $15$  厘米为种苗,供大田栽植。

②种子育苗:长江流域地区,多用种子育苗。育苗时间因育苗方式不同而异。露地育苗,用沃土覆盖种子的,在谷雨后播种;用塑料膜覆盖育苗的,在春分后播种。

平整苗地后,每亩施  $750\sim 1\,000$  千克猪粪或人粪作基肥,3天后播种,播种前种子置太阳下晒  $1\sim 2$  天,促使种子萌

动。苗地每市用种 15 千克,将种子均匀撒播,上盖沃土,以不见种子为宜,喷一次水,使种子和泥土紧密结合,以利种子吸水、发芽、出苗,最后盖上塑料薄膜,四周用泥土或砖压紧,密封保温,一周左右可出苗。

秧苗管理,十分重要,齐苗后,选择无风晴天中午,温度较高,边揭膜边喷水,促使幼苗迅速生长。气温高,要揭膜通气,否则会烧坏秧苗;气温低,要盖膜保温防冻。阴雨天,也要适当揭膜透气,否则会烂根倒苗。

苗期一般不追肥,秧苗发黄缺肥时,可泼浇清水粪。上表发白,可用细眼喷壶喷水,保持湿度。

5 月上旬移植大田。1 亩秧苗可供 5~6 亩大田栽植。

水蕹菜有水栽和旱栽两种,水栽又可分深水浮植和浅水栽植。深水浮植是利用淤泥较深的河、沟、池等水面浮植。新开挖的河、池不宜种植。深水浮植的方法:可在长 10~14 米的粗草绳上,每隔 40~60 厘米插一株秧苗,两端相连成圈状,套在预先钉好的木桩或竹竿上,这样可随水位涨落上下浮动。若要形成周边水草带,可在草绳中夹尼龙绳,在池周拉几行。

浅水栽植对土地要求不甚严格,但须水源充足。或是栽植在池边,让其自然向池内延生,组成虾、蟹所需的水草带。在蕹菜长到 20~30 厘米时,要及时剪去茎叶,让其再生并加速向池中蔓延生长。

### (3) 栽植实例

董乔仁(2000)报道,1999 年在 25 亩蟹塘(四周圩堤长 800 米,池深 1.5 米,水深 1.2 米)中种植了空心菜,与 1998 年相比,由于空心菜的作用,降低了饲料,换水及用药水平,从

而平均每亩降低成本 243 元,而养殖的蟹产量和规格均有所提高。具体做法是:在 4 月中、下旬,当蟹池水位尚未注到高水位时,在预计最高水位和圩堤内坝的交界区,共栽植空心菜三行。株距 45 厘米,用掉空心菜种 2.5 千克。日常管理做到:

①施肥三次:播种时每亩施 15 千克复合肥;6~8 月份生长旺季每月施一次复合肥,用量为 7.5 千克/亩。

②剪断再生:当空心菜长到 20~30 厘米时及时剪去茎叶,促其再生,覆盖池周。

种植空心菜养蟹,有如下几点好处:

①持续提供河蟹生长所需植物性饲料。一年中累计提供了 4 万千克空心菜供河蟹摄食。

②给河蟹提供良好的生长、蜕壳、栖息场所。空心菜与池中河蟹基本是同时生长,生长旺季,空心菜茎、叶覆盖了约 1/3 水面,起到了很好的隐蔽作用,有利河蟹生长,提高成活率和规格。

③净化了水质,减少因水质原因的换水次数。

④保护了圩堤。空心菜在生长旺期遍布圩堤,防止了风浪对圩堤的冲刷,对蟹的损伤。减少了圩堤维修费用。

## 8. 苦草的栽培

苦草又称绵条草,是一种野生水草,我国各省均有分布。

苦草用白色根状茎扎在泥里,节生须根。叶丛生于根茎的节上,长带形,长 30~200 厘米,宽 0.4~1.8 厘米,上下宽度和厚度基本相同,鲜绿色,基部白色透明,先端钝圆,叶缘有



小锯齿,全体沉没水中,是多年生的沉水植物,自然界中生于河流、湖泊或沟渠中。雌、雄异株,每年秋后,雄株抽出总状花序,雄花细小,以短柄密生于花轴上,具有 3 片圆形花萼和 2 枚雄蕊。雄花成熟后,苞鞘顶部裂开,雄花脱离花轴而浮于水面,随水漂流,散布花粉。雌花单生在一根极长的螺旋状的花茎上,在雄花成熟的同时,由于花茎伸长,雌花挺出,并停留在水面,授粉后,花茎卷曲收缩,子房沉入水中,发育为果实,直至成熟,果实长 5~15 厘米。收种晒干可保种,到第二年种植。秋后匍匐茎前端形成椭圆形的球茎,第二年春天萌芽生长。生长季节“分蘖”速度很快,可在水底形成茂密的“水下森林”,同时吸引了大量底栖动物如螺蛳等,这又是虾蟹极好的活饵料。

苦草成熟的草籽非常细小,呈棒形,黑色或黑褐,较饱满,长度 2~3 毫米,直径 0.3~0.5 毫米。用量一般为 50 克/亩。播种前池中加新水 3~5 厘米,最深不超过 20 厘米。预先选晴好天气晒种 1~2 天。长江中、下游地区一般在每年 4 月上、中旬播种。这时水温回升以 15℃ 以上。播种前先浸种约 12 小时,捞出之后,搓出果荚中的种子,并清洗掉种子上的黏液,再用半干湿的细土或细沙拌种,全池撒播。搓揉后剩下的果荚内还有许多未能搓出的种子,可连同果荚一起撒入池中。

水温达到 18~22℃ 时,苦草种子经 4~5 天开始发芽,至 15 天时出苗率超过 98%。刚出苗的幼草,即生长出大量须根;30 天左右时,幼草全长 5~7 厘米,叶宽 0.8~1.0 厘米,叶片肥厚,呈翠绿色;当叶片长度达 10 厘米左右时,植株茎基部开始生出 1~4 根匍匐茎。匍匐茎的每一节上均生根发芽,

继而长成新的植株;新的植株又会生出匍匐茎。所以,苦草在水底分布蔓延的速度很快。为促进苦草“分蘖”,抑制叶片营养生长,6月中旬以前,池塘水位应控制在20厘米以下,6月下旬水位加至30厘米左右,此时苦草将基本满塘。7月中旬水深加至60~80厘米,8月初可加至100~120厘米。

## 9. 菹草的栽培

菹草广泛分布于河、沟、池塘、沼泽。低洼积水处也常见其踪迹。鲜草中粗蛋白含量20.13%,粗脂肪6.51%,无氮浸出物25.46%,粗灰分12.04%

人工栽培菹草,主要措施是移植其繁殖体——石芽。菹草的石芽系繁殖芽的一种,质地坚硬而有韧性,是菹草长到成株后,死亡前形成的,每株可产生几十个石芽。芽体短缩硬化,叶扩展具刺缘。石芽数量大,繁殖迅速,对不良环境和各种侵害的抵抗力较强,便于移植且易获成功。其方法是:北方8月中旬左右(此时石芽生物量最大),用密齿铁耙从天然水体中将其捞出,洗净污泥,趁湿撒入到需移植的水体中(面积以1亩左右为宜),每平方米250~300个,然后注水,使水深20~25厘米。

影响石芽萌发的主要因素是温度和水分。一般要求将石芽完全浸没在水中。最适温度为14~20℃,低于6℃或高于25℃均不萌发。每个石芽可生出2~3个幼枝。当幼枝长到30厘米左右时,石芽体养料用尽而腐烂,新株开始吸收土壤及水中的养分生长。菹草较耐寒,在北方冰下的水体里可照常生长。为了使其正常生长、安全越冬,应做好以下几项工作:

①移植后的池塘在结冰前注满水，深度可达 2.5 米以上，越冬期间要经常补水，使冰下不冻的水层保持 1 米以上，水层过浅，会影响茼蒿的生长高度和产量。

②越冬期间每半个月施尿素 6~8 千克，过磷酸钙 4~5 千克，施肥方法是将肥料装入编织袋，悬挂在冰下，挂袋深度略超过最大冰厚。

③经常扫除冰上积雪，以增加冰下光照度，有利于茼蒿生长。

第二年 6 月中旬前后，茼蒿已布满全池，高度达到 50~80 厘米。生物量 5~10 千克 / 平方米(鲜草)，经常灌水，防止池水变浅(因茼蒿露出水面会被太阳晒死)。

人工栽培茼蒿应注意：

①石芽要带水撒入池塘。

②石芽萌发后，要随幼草的生长，加蒙顶水。

③越冬期间密切注意冰下水位的变化，防止冻干。

## 10. 水葫芦的栽培

水葫芦又名风眼莲、洋水仙、水仙花、水生风信子等，原产美洲，广泛分布于世界热带、亚热带地区。在我国，原产珠江流域，原是一种野生植物，现已扩展到我国华北、西北、东北各地，但以长江以南各省区养殖较为普遍，产量较高。

水葫芦是多年生草本植物，根漂浮于水中，浅水时根系也能着生于底泥固着生长。单叶，丛生于短缩茎的基部，每株有叶 6~12 片，叶柄中部膨大为浮囊，内为疏松的海绵组织，有贮存空气，增加浮力的作用。具有腋芽和匍匐枝，并由此繁殖

新株。每株可先后抽出花茎 1~3 枝,茎稍着生花朵,两性花,雄蕊 6 枚,雌蕊 1 枚,花柱细长,子房上位。每一果实内有种子 30~60 粒,多的可达 150 粒。种子细小,千粒重仅 0.38 克。

水葫芦喜高温湿润的气候,气温 25~35℃ 生长发育最适宜,7~10℃ 呈休眠状态,10℃ 以上开始萌发,39℃ 以上高温则生长受抑制,秋后遇霜冻后,很快枯萎,气温保持在 5℃ 以上时,可在室外自然越冬。抗病、抗碱性均强,pH=9 时仍能正常生长。极耐肥、喜群生,不宜在多风浪的水面生长。

我国广东、广西、福建、四川等省区都能在室外自然越冬。可将留种植株集中到水池一角,便可越冬。如偶遇轻霜,可在水葫芦上撒盖一层稻草防冻。然而在寒冷地区,必须采取防寒措施才能越冬。通常采用的越冬方法是:

①塑料薄膜覆盖:选择避风、保暖场所建温床,温床池内保持 30 厘米水,平均每亩施 20~30 担厩肥作基肥,放入种苗后,覆盖塑料薄膜,夜间加盖草帘等保温,白天揭开草帘,日晒增温。

②温泉水保种:将温泉水调温适度引入水池,放种苗,经常补充温泉水保温。

③温室保种:在一般普通温室的水池中投放种苗,平均每平方米投放 5 千克,靠阳光增温,白天保持在 20℃,晚上不低于 10℃,这种方法适用于冬季较长的地区。

水葫芦具有很强的无性繁殖能力,由腋芽长成匍匐枝,并形成新株,断离后能形成独立植株。新株经 7~8 天后又可分出新株。在南方,一个母株 1 个月能增殖 40~80 株,北方能增

殖 10~20 株。水葫芦也可用种子繁殖。进行种子繁殖时,上年秋作好收种工作。留种植株在开花前后要适当施肥,如果在盛花期进行人工授粉,其结实率可从自然状态下的 10.5% 提高到 80%~90%,从开花到种子采收需经 45 天以上,以保证子粒饱满。播种前将种子放在 25℃ 以上的水中浸种 10 天,再播种在松软泥而上,保持湿润,气温 30℃ 左右,经 7~9 天便可萌发。从发芽到成苗约 35~45 天。出现 5~6 片叶时,叶柄开始膨大,可加浅水培养。到 9 片叶时即可入池放养。种子繁殖可免除越冬管理过程,繁殖量也大,但从发芽到成苗生长缓慢,使放养期延迟。

### 11. 伊乐藻的栽培

伊乐藻为水鳖科,伊乐藻属多年生沉水植物,原产美洲,后被移植欧洲、日本等地。我国在 1986 年引进。

在长江流域中、下游地区,伊乐藻生长旺期分别为 4 月中旬至 6 月上旬;9 月下旬至 11 月上旬。在水温 10℃ 时即开始萌发生长。当水温 18~22℃ 时生长最旺盛,即 5~6 月份生物量达到最高峰。而水温 30℃ 以上时生长明显减缓,部分植株顶端会发生枯萎。在水温开始下降的 9 月下旬时,枯萎的植株茎部又开始萌发新根,抽发新植株,开始进入下一个生长周期。

伊乐藻植株鲜嫩,叶片柔软,适口性好,其营养价值明显高于苦草、轮叶黑藻,是一种虾、蟹喜食的优质青绿饲料。尤其是伊乐藻特有的生活周期对虾、蟹池塘中,水草茬口衔接很有意义。5~6 月份菹草陆续开花结籽,逐渐衰败;苦草生长

期为 5~10 月份,此时也只刚刚萌芽;而伊乐藻正是生长旺盛,可为虾、蟹提供充足饲料。

伊乐藻“分蘖”能力强,营养繁殖容易成活。可在 3 月中旬以后,从保种池中将伊乐藻连根拔起,制成长约 10 厘米的节段,扦插到塘泥中。可用手或带叉的细竹竿进行扦插。扦插深度 3~5 厘米,行、株距均为 80 厘米。扦插塘口预先施适量基肥,以利其快速生长,例如,每亩施鸡粪 200 千克,磷肥 5 千克,尿素 5 千克。扩种区要防止敌害动物进入。深水区可采用预先将伊乐藻节段用泥包植株后,逐点抛入水中栽植。当伊乐藻植株长至水面时,应及时收割,且刈割时应保留一定高度的花株,这样有利于伊乐藻再生长,又可在适宜的生长期获取更多的草料。

## 12. 其他蛋白质饲料的培养

在虾、蟹人工养殖时,投喂足量的鲜活蛋白饲料是获得较大规格、较高产量的关键措施之一。这些天然蛋白质饲料如小杂鱼、螺蛳等,可在农副产品加工下脚料中收集,或在海、淡水捕捞产品中收集,或到江河、湖泊中收捕。也可利用各种自然水域进行增养殖,以保证虾、蟹养殖中投喂饲料的来源。

### (1) 野杂鱼的增养殖

利用鲫鱼、鳊鱼等野杂鱼生命力强,繁殖率高的特点,投放一批亲鱼提供繁殖的条件。例如鲫鱼繁殖需要水草等多枝、多须物体作为受精卵粘附孵化条件。鳊鱼需要河蚌,在产卵时,用其产卵管插入河蚌水管中进行繁殖。预先在这些水域捕尽肉食性鱼类,平时适当施肥、投喂,到时便可有计划

地捞捕,作为鲜活饲料投喂了。

### (2) 螺、蚌的增养殖

螺、蚌、蚌是虾、蟹喜食的鲜活饲料,广泛分布在多种水域。平时可注意收集囤养,以便到时有计划地投喂。也可收集河蚌育珠单位制片后的废蚌肉;也可利用适宜水域进行螺、蚌等的增养殖,使这些底栖生物密度提高,从这类生物的生活特点看是完全可以的,例如褶纹冠蚌,一年中,在长江中、下游可连续繁殖两次,春季在 3~5 月,秋季在 9~10 月。这时可选择成熟的怀卵母蚌和 10 厘米左右的鳊、鲢、草鱼苗进行附苗。方法是,将成熟母蚌在太阳下略为干晒数分钟后放入盆中,加水使蚌刚没入水中为度,这时便可看到母蚌放出钩介幼虫,将预先准备的鱼苗分批放入附苗,然后将附上钩介幼虫的鱼苗放入池塘中,适当投喂。春季繁殖的蚌当年可长成 5~9 厘米的小蚌,第二年便可有计划地捕蚌投喂。如果繁蚌技术熟练,单位产蚌量很高。蚌可与其他饵料鱼综合增养殖。

## 四、虾、蟹的配合饲料

配合饲料是以水产动物的营养学研究为基础,根据不同养殖对象在不同生长阶段对主要营养物的需要及其消化吸收特点,根据对饲料营养成分的分析及评析,并根据营养标准,利用多种饲料的互补作用,按营养平衡的饲料配方配制的饲料。它是以一定的工艺流程生产的工业化商品饲料。而一些凑合组成,没有严格按照科学根据而组成的饲料,一般只能称混合饲料。使用配合饲料的优越性,综合起来有如下几方面:

①配合饲料能促进饲料营养生物价的提高,质量较稳定。因为配合饲料是根据虾、蟹营养需要,用若干种原料搭配而成,其质量可控制在一定的标准之内。

②扩大了饲料来源。配合饲料可利用多种来源,甚至虾、蟹不喜食,但营养较好的饲料,经配合加工,成为喜食的饲料。

③通过粉碎、加工等,不仅达到营养均匀与平衡,而且可进一步提高虾、蟹饲料的消化率。

④配合饲料通过加工、制粒,投喂时,适口性提高,减少一些鲜活饲料的营养物质在水中的溶失,从而提高了饲料利用率,同时也可减轻对水质的污染。

⑤减少病害发生,提高成活率。由于饲料根据虾、蟹营养需求配制,饲料加工过程注意了饲料质量及灭菌除害,便于添加免疫增强剂等,从而增强了虾、蟹对疾病的抵抗能力,减少病害发生和传染机会。



⑥缩短养殖周期,提高产量并改善了品质。由于营养平衡、饲料生物价高,使用配合饲料投喂,可明显提高虾、蟹生长速度,增大商品规格。

⑦配合饲料运输与贮藏方便。生鲜饲料的鲜度,与虾、蟹生长快慢关系较大,为保持鲜度须及时冷藏,而经速冻冷藏,生鲜饵效会降低,冷藏设备又会增加成本。而配合饲料,水分少,干品不易腐败,便于贮存和运输。

⑧供应稳定可靠,便于规模化集约化养殖。

## (一) 虾、蟹配合饲料的原料和营养评价

原料是制备配合饲料的物质基础。没有一定营养价值的原料,就不可能制出质优的配合饵料。

配合饲料的原料,按其来源可分为:植物性饲料、动物性饲料、微生物饲料及添加剂。

### 1. 植物性饲料

#### (1) 油类饼粕

油类饼粕是我国主要的植物性饲料蛋白质来源。主要油类饼粕有大豆、花生、油菜、棉花籽实、芝麻、向日葵等的饼粕。油脂工业中,一般以压榨法提取油脂所得的渣称为饼,以溶剂法抽提油脂后所得的渣,称为粕,统称饼粕。一般粗蛋白质水平为 30%~50%,粗脂肪含量在 7% 以下,以溶剂法所得的油粕含脂较低。

①大豆饼粕:是优质油类饼粕,粗蛋白质含量一般为

40%~50%。然而在利用大豆油粕时,最好预先加热处理以消除其中所含的抗胰酶等多种有害因子,以提高利用效率。

②棉籽仁饼:通常简称棉饼,营养和产量仅次于大豆饼粕。棉饼的粗蛋白质含量为豆饼的 80% 左右,烟酸及维生素 E 含量则高于豆饼。

棉饼含游离棉酚,对动物有毒。一般认为对鱼类反应并不大,可能鱼类解毒能力较强。棉酚可造成生长萎缩并减少饵料利用率,使饵料系数增大,并使动物食欲不振,引起肝脂沉淀。在我国渔用配合饲料中,棉饼用量在 20% 以上。虽未见有中毒的报道,但用量应以不超过 20% 为宜。一般来说,棉饼含棉籽壳愈少,油脂含量愈少,游离棉酚含量愈低,品质愈高。

在棉籽粕中,通常含 20 毫克/千克以上的黄油霉素。用棉籽粕饲喂虹鳟鱼会发生肝癌,因此日本饲料安全法规定,养殖水产动物的饲料里,禁止使用花生粕,也禁止使用棉籽粕。

③菜籽饼:简称菜饼,是我国重要的饲料蛋白质来源。其粗蛋白含量为 30%~35%,营养价值大体与棉饼相似。菜饼含芥子苷(或称硫苷)类物质约 6%,水解后生成异硫氰酸脂等物质,对家畜有毒,故一般限量使用。我国养鱼实践中,以菜饼为主的(配混)合饲料养鱼,用量达 50%~100%,均未发现中毒现象。但在未摸清其有毒物质对鱼类、虾、蟹影响之前,在与其他饲料源搭配时,以限量使用为好。因为异硫氰酸盐能破坏胃黏膜和消化道表层,葡萄糖硫苷,在芥子酶作用下易产生噻唑烷硫酮(致甲状腺肿毒素)。菜饼用于鲤鱼饵料中,饲效仅为豆饼的 80%,笔者在生产实践中也发现菜饼不

及豆饼好,且虾、蟹不甚喜食,用于虾、蟹饵料中的情况还需进一步试验。

④花生饼:也称花生麸,多为去壳饼。饼较粕含油量略高,含蛋白质略低。饼比粕的花生香味浓,食味好。国内外有人证实饼的饵料效果比粕好。花生的成分和大豆相似,但脂肪含量比大豆多,蛋白质和碳水化合物较少。

花生饼、粕一般含粗蛋白质 45%~50%,类脂质 5%~8%,糖类 25%,灰分 6.5%。蛋白质中的球蛋白(不溶于水的蛋白质)占 65%,白蛋白(可溶于水的蛋白质)占 7%,这与大豆蛋白的性状不同。脂肪酸是油酸,占 53%~78%。除含有维生素 A、维生素 D、维生素 C 外,还含有较多的其他维生素。

花生粕的成分和饲料价值,与其壳是否混入和榨油方法有关。脱壳压榨法制成的饼是优质饲料。生的花生饼粕含胰蛋白酶抑制剂(约为生大豆的 20%),可加热除去。氨基酸构成中赖氨酸和蛋氨酸少,需要加以补充。

在使用花生饼粕时必须检查是否有黄曲霉毒素存在及含量。根据日本饲料安全法,花生饼粕或以其为原料的饲料的成分中,黄曲霉素 B<sub>1</sub> 的含量不得超过 1 毫克/千克。以花生饼粕为原料的饲料中其所占的配合比例(作为鸡、猪、奶牛、牛等的饲料时)只能为 2%~4%,不允许单独使用花生饼粕;以花生饼粕为原料的饲料,必须标示其配比;养殖水产动物的饲料,不许使用花生饼粕。

⑤芝麻饼:芝麻多产于长江流域及南方各省。芝麻饼含粗蛋白 40% 左右,其中蛋氨酸含量高于大豆饼、棉饼、菜饼及花生饼,与其他饼掺合使用,可提高蛋白质的生理价值。

⑥ 向日葵饼粕：是我国北方地区重要的饲料蛋白源。由于脱壳程度和榨油方法不同，其成分很容易变动。脱壳充分的，其成分与棉籽粕很相似。一般多用有壳向日葵饼，其粗蛋白质含量约为 30%，粗纤维约为 20%。去壳饼粗蛋白质含量高达 45% 以上。赖氨酸含量低于豆饼，但蛋氨酸含量约为豆饼的 2.5 倍。在氨基酸构成上，赖氨酸是限制性氨基酸，只有在添加足够数量的赖氨酸时，才能看出蛋氨酸的添加效果。向日葵饼粕中含有与其他油粕类相同数量的钙和磷。它是重要的 B 族维生素源。与其他油粕一样，其价值为加工时加热温度所左右。例如加热温度过高，赖氨酸、精氨酸和色氨酸含量就降低，低温处理的营养价值较高。

向日葵饼黏性较大，在混合饲料中能起黏合剂的作用。

⑦ 胡麻饼：多产于西北及东北地区，粗蛋白质含量为 30%~40%，蛋氨酸含量高于豆饼，但所含维生素较低。若与其他饲料合理搭配，是较好的蛋白质源。

⑧ 米糠饼：一般称糠饼，为米糠提油之后的饼粕。米糠和麦麸是鱼、虾、蟹的基础饲料，但米糠含脂肪量达 17%，易氧化变质，生虫发霉，用量过多会影响鱼、虾、蟹肉质。将油脂提出，糠饼粗蛋白可由 14% 提高到 20% 左右，且脂肪大为降低，是鱼、虾、蟹能量——蛋白饲料。且脱脂后的米糠易于保存。糠油中含有的肌醇、米糠素、谷维素、维生素 E 等可综合利用。米糠中有高度活性的胰蛋白酶抑制剂，过多喂未经失活处理的米糠，可引起蛋白质消化障碍。

油类饼粕中尚有椰子饼粕、棕榈饼粕、红花草籽饼粕等，含粗蛋白质都在 20% 左右，是能量——蛋白兼用饲料源。紫

穗槐籽饼粕,甚至菜饼粕经发酵去毒之后,都可作为养鱼、虾、蟹的饲料,可广泛开发利用。

## (2)豆类子实

我国豆类子实品种多,如大豆、豌豆、蚕豆、黑豆、菜豆、红豆等,此外,尚有野生豆科子实,如箭舌豌豆子实含粗蛋白质约 30%,田菁籽含粗蛋白质约为 31%,这些均可就地采收利用。目前常用的豆类子实主要有大豆、蚕豆。

①大豆:又称黄豆。大豆种子由种皮、胚组成,胚包括子叶,胚芽,胚轴和胚根。与谷物的子实不同,其子叶极大,约占籽实 90%,种皮占 6%~9%,胚芽及其他约占 2%。胚乳只作为薄的组织残存下来。

由于品种不同,种子颜色和形态大不相同,有圆形、椭圆形和扁椭圆形等,皮的颜色有黄、绿、褐、黑及混合颜色。

大豆含蛋白质约 40%,脂肪 20%,含淀粉少。大豆蛋白质的 90%是水溶性蛋白质。把大豆加热并凝固,可使之难溶于水。在氨基酸构成上含蛋氨酸少。在脂肪酸构成上,作为必需脂肪酸的亚油酸占 50%,其价值高,不易氧化。脂肪中约有 1%的不皂化物,由植物固醇、色素、维生素等组成。在大豆油脂中含磷脂质(卵磷脂、脑磷脂)1.8%~3.2%,有乳化作用。碳水化合物约占 20%,其中蔗糖 27%、水苏糖 16%、阿拉伯树胶 18%、半乳聚糖 22%、纤维 18%。大豆中维生素含量比谷物多,维生素 C 在发芽时增加。矿物质约含 5%钾、磷、钠、镁少,含磷 0.6%。

生大豆中含有淀粉酶、蛋白酶、脂酶、脂氧合酶、脲酶等,如果在配合尿素的饲料里同时添加生大豆,脲酶会使尿素分

解。胰蛋白酶抑制因素活性高,是造成大豆粉消化不良的原因,利用其弱热失活的特性,可进行适当加热处理以提高饲料价值。大豆中也含有起溶血作用的皂角甙。贮藏中,霉菌着生粒率在 1~2 年贮藏期间直线增加。

对大豆进行某种程度的加热,使抑制生长因素失活,可提高饲料价值。

江、浙一带多将大豆浸泡后磨浆饲喂鱼苗、虾苗。或以大豆粉作为配混饲料源。但生大豆有抗胰酶等,最好加热后应用。把大豆焙炒制成粉,约含蛋白质 40%,脂肪 20%,是饲料价值高的原料。

黑豆作饲料,其营养大体同大豆,但赖氨酸、蛋氨酸含量均低于大豆。

②蚕豆:外皮占 13.3%。含粗蛋白质约 26% 无氮浸出物含量约 50%。氨基酸组成上,赖氨酸和精氨酸多,含硫氨基酸少。蛋氨酸含量约相当于大豆粕含量的 70%。是一种较好的蛋白质——能量饲料源。

生蚕豆里有抑制胰蛋白酶存在,所以应加热使其失活后再使用。加热处理,能值约可增加 15%。

长江流域及南方各地渔场均种植蚕豆,在蚕豆结荚后连同茎叶一起入塘作绿肥。亦可在蚕豆成熟而茎秆尚绿时,采取豆荚作饲料源,茎叶用作绿肥。

豌豆营养价值与大豆和蚕豆基本相同,子实是较好的饲料源,嫩绿茎叶可用作绿肥。

### (3)谷实与糠麸

常用的谷实与糠麸饲料有:稻谷、小麦、大麦、玉米、高粱、

米糠、麸皮、次面粉等。此类饲料特点是粗蛋白质含量不高,谷实类均在 10% 上下,糠麸类在 15% 左右,这类饲料以含淀粉为主。糠麸为我国目前渔用饲料的基础。其配用量一般在 30% 以上,有的多达 50%。

①稻谷与米糠:稻谷中含粗蛋白约 8%,可以粉碎作为能量饲料。单以稻谷喂鱼时饲料系数为 5~8,经济上不太合算。在渔场多以稻芽的形式饲喂亲鱼,促进其产卵及产后恢复。

米糠或称细米糠,是稻谷在去壳加工为大米过程中的副产品。是果皮、种皮、胚乳和糊粉层的混合物,随加工方法不同,米糠的营养成分及含量有差异。米糠营养成分比大米高。其中粗蛋白质达 15%,无氮浸出物约 50%,粗纤维 10%,脂肪含量为 11%。另外,B 族维生素及维生素 E 也很丰富。其中限制性氨基酸含量不及油类饼粕。米糠是我国重要的饲料源,将其综合加工为米糠饼则更好。

未去谷壳的稻谷加工成的糠,称为统糠;仅以谷壳粉碎而成的糠称砻糠;用瘪谷加工粉碎成的糠称瘪谷糠。统糠粗蛋白只有 7% 左右;粗纤维却高达 35% 左右,能量不足。瘪谷糠营养价值略优于统糠。砻糠不宜作饲料。

②小麦、大麦与麸皮:小麦是我国主粮之一,以整粒小麦用作饲料不多,但近年养蟹区有用煮熟的小麦喂螃蟹。小麦的营养价值优于稻谷,是较好的能量饲料。

小麦在制粉中可产生 23%~25% 的麦麸,3%~5% 的次粉和 0.7%~1.0% 的胚芽。小麦胚芽含有大量的优质蛋白质、各种酶、维生素和矿物质。例如,整粒小麦的维生素 B<sub>1</sub> 的

64% 集中于胚芽里,在 1 千克中约含维生素 E 3 克,所以是维生素 E 的天然来源。

小麦粉又称面粉,粗蛋白质含量略高于小麦。多以下脚小麦粉和次粉作为渔用饲料。在饲料中加入 10% 以上可作为黏合剂用。膨化饲料中加入量常达 20% ,以保证膨化。

小麦麸又称麸皮,是配(混)合饲料的基础原料,与米糠统称糠麸。麦麸中维生素丰富,特别是 B 族和 E 族维生素,作为维生素供源,饲料价值高。烟酸是以结合型存在,只能利用含量的 35% 左右。磷酸以植酸钙镁态存在,仅可利用 30% 左右。可利用麦麸来弥补玉米和高粱中的一些成分的不足。麦麸蛋白质含量高,可补充到其他谷物饲料中,使氨基酸达到平衡。一般来说,麸皮与米糠营养价值大体相当,麸皮纤维质多,质地松散,常作添加成分起分散剂作用。它属于泻性饲料,其营养成分也不易为动物吸收,故用量不宜过大。

大麦及大麦麸的营养价值略优于小麦和小麦麸,尤其是大麦芽,是我国培育亲鱼的传统饲料。

高粱糠、玉米糠、小米糠等都属糠麸类饲料,营养一般都略次于米糠及麦麸。

③玉米:玉米的适口性好,有高的能值。它含粗蛋白质 7%~8%。其缺点是蛋白质中 50% 是玉米醇溶蛋白质,与谷蛋白相比,必需氨基酸非常少,所以氨基酸平衡不好,赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸均低于米麦。脂肪的 85% ,亚油酸 59% ,油酸 27% ,硬脂酸 0.8% ,花生酸 0.2% 在胚芽里。比其他谷类脂肪多,纤维量少。黄玉米中维生素 A 较多,维生素 E 主要存在于胚芽中。但几乎不含维生素 D 和维生素 K。水溶性维



生素;B<sub>2</sub>多,而 B<sub>1</sub>和烟酸少。矿物质约 80% 存在于胚芽部。钙仅含 0.02% ,磷含 0.25% 且是难以利用的植酸钙镁态磷。锌含约 20 毫克/千克,其中 70% 存在于胚芽里。

高粱、燕麦等与玉米相当。

#### (4) 草粉与树叶

①草粉:草粉属粗饲料范畴。选择一些质量较好的青干草粉作适量添加是可以的。例如紫花苜蓿、黄花苜蓿、红三叶、箭舌豌豆、蓝花草、紫云英等,其干物质的粗蛋白一般都在 20% 以上,无氮浸出物达 40% ,这些草粉中含丰富的胡萝卜素等维生素,胡萝卜素含量在 50~200 毫克/千克。

②树叶:木本植物饲料,特别是树叶是尚待开发的饲料源。如紫穗槐叶粉,粗蛋白质含量为 25% ,相当于蚕豆等豆类子实。以 5%~10% 紫槐叶粉加入到配合饲料中喂鱼,鱼类有较好的生长效果。松针叶粉含粗蛋白质 9.4% ,粗脂肪 5% ,胡萝卜素、维生素 C 等含量也较丰富。松叶粉还有防治草鱼细菌性疾病的效果。此外,含羞草科的银合欢叶含蛋白质 25.3% ,也可作饲料用。

## 2. 动物性饲料

动物性饲料较多,特点是蛋白质含量高,一般为 40%~80%;氨基酸组成较适宜,其中赖氨酸、蛋氨酸等主要限制性氨基酸含量丰富;维生素的含量通常也较丰富;消化吸收利用率高,这些特点是植物性饲料不可相比的。所以多生产、利用动物性饵料,对改善虾、蟹、鱼类营养,促进其生长发育,提高饲料转换率等都是十分重要的。我国渔业上常用的动物性饲

料源主要有鱼粉、蚕蛹粉、肉骨粉、血粉、羽毛粉等。

①鱼粉：是目前饲料中动物性蛋白质的主要来源。优质鱼粉主要以低质鱼为原料制成。鱼粉在我国的配合饲料中常作添加成分用，一般添加量约为 3%~15%，以补充赖氨酸等主要限制性氨基酸的不足，以促进水产动物的食欲与生长。

鱼粉分为全鱼粉、粗鱼粉及鱼精(浆)粉。优质全鱼粉是将整鱼蒸煮、加压除去水和油，然后干燥磨碎的粉状物。低质量的粗鱼粉用鱼加工的副产品和劣质杂鱼或用不能食用的鱼腌制干燥粉碎而成。鱼类躯体成分因鱼种不同而有很大变化，即使是同种鱼，也因渔期、渔场和年龄不同而不同。例如，产卵前，鱼躯体含油、蛋白质丰富。但刚产卵后，这两种成分含量便很少、水分多。产卵也可引起维生素 A、维生素 D、维生素 B<sub>12</sub> 的变化。维生素 A、维生素 D、维生素 E、维生素 B<sub>12</sub> 在生长和产卵时大量消耗掉，个体之间的质量差别很显著。幼小鱼生长中需大量的维生素 A，因而维生素 A 积累量少，反之老年成鱼积蓄量多。鱼类躯体中磷是以磷酸钙形式存在。海产鱼碘含量多，因含高度不饱和脂肪酸，很易氧化变质。在鲜鱼和贝壳里，有 B<sub>1</sub> 破坏酶硫胺素酶存在(在鱼的内脏里尤多)，如果饲喂加热不充分的鱼粉和鲜鱼，虾、蟹生长便会显著下降，所以使用时需添加维生素 B<sub>1</sub> 或加热处理，这些在饲料配合和投喂养殖时应予以重视，避免饲喂不当而发生营养性病害。可见，鱼粉会因鱼的种类、鲜度、加工工艺、收捕季节等的不同而质量悬殊。现将 1983 年部颁鱼粉质量标准 [ (83) 渔字 209 ] 及进口鱼粉标准列于表 13，以供参考。

表 13 国产鱼粉部标与进口鱼粉标准的比较

标准别	等级	含水量 (%)	粗蛋白 质(%)	粗脂肪 (%)	灰分 (%)	盐分 (%)	沙 (%)	粗纤维 (%)	其他
部标	一等品	<12	≥55	<10	<23	<4	<4	<2	颜色: 一等品为棕黄色, 二、三等品为黄褐色。气味: 正常, 无异臭及焦灼味。粒度: 至少 98% 能通过筛孔 $\phi = 2.8$ 毫米的标准筛
	二等品	<12	≥50	<12	<25	<4	<4	<2	
	三等品	<12	≥45	<14	<27	<5	<5	<2	
进口鱼粉 标准(秘 鲁、智利)	一等品	≤10	≥67	<12		≤3	<2		
	二等品	≤10	≥65	<10		≤6	<2		
	三等品	≤10	≥65	<13		≤6	<2		

智利、秘鲁、日本是主要的鱼粉出口国。著名的有日本白身鱼粉(北洋鳕鱼粉)、前苏联、智利、秘鲁和美国的鲱鱼、鲛鱼与油鲱鱼粉。

白鱼粉是以狭鳕为原料,在白令海洋船上加工的,又称北洋鱼粉。秘鲁、智利、南非、挪威和泰国产的鱼粉,原料鱼是蓝背沙丁鱼,沙丁鱼和鲱鱼,秘鲁产的鱼粉为蓝背沙丁鱼煮熟、压榨、干燥、粉碎,并添加抗氧化剂而制成。把制造鱼粉时产生的煮汁浓缩加工,做成鱼汁,添加在鱼粉里,经干燥粉碎,除鱼油外,利用了鱼的全身,称全鱼粉,是饲料价值高,适口性好的优良原料。沿岸鱼粉是以沿岸和近海获得的鱼为原料。在陆地工厂生产的鱼粉。

进口鱼粉蛋白质含量高,消化性及适口性好。进口鱼粉的营养成分与消化率见表 14

表 14 进口鱼粉营养成分与消化率

种类 (干物质)	粗蛋白 (%)	粗脂肪 (%)	粗纤维 (%)	钠 (%)
鳕鱼粉	67.6	8.65	—	0.5
鲱鱼粉	70.0	7.5	1	0.5
油鲱鱼粉	60.0	7.5	—	0.3
鲱鱼粉	64.0	6.0	1	0.8
鲤鱼粉	75.0	9.5	—	—

种 类	粗蛋白 (%)	蛋白质 消化率 (%)	粗脂肪 (%)	总消化 养分 (%)
高灰分鱼粉	52	92.3	1	49
低灰分鱼粉	71	93.0	6	78
蛋白 50% 鱼粉	53	92.4	4	55
蛋白 70% 鱼粉	74	95.9	1	71
含油蛋白 65% 鱼粉	68	95.6	10	87

目前,我国鱼粉紧缺是配合饲料发展的限制因素。所以应积极发展鱼粉替代物,如肉骨粉、发酵血粉、水解羽毛粉及螺蚌、蚯蚓、蝇蛆、浮游动物、蚕蛹等动物性蛋白,以及酵母、藻粉、叶蛋白粉等植物蛋白饲料。十三种动物性鱼粉替代物营养成分列于表 15

表 15 十三种动物性鱼粉替代物  
(折合干物质)营养成分(依吴遵霖 1990)

种类	干物质 (%)	粗蛋白 (%)	粗脂肪 (%)	氨基酸(%)			Ca (%)	P (%)	可利用能 (千卡/千克)
				赖氨酸	蛋氨酸	总和			
水蚯蚓	11.6	62	8.5	2.90	0.41	60.4			
陆生蚯蚓	15.4	61.9	10.1	3.00	0.37	57.6			4535.7
福寿螺肉	20.0	66.4	2.1	2.70	1.00	61.0			3672.0
蝇蛆粉	86.0	54.3	13.9	4.69	1.41	54.0	2.76	3.14	3700.0
轮 虫	8.9	58.2	14.2				0.03	0.14	
枝角类	10.0	61.0	10.7			27.5	0.04	0.15	
卤虫幼体	10.8	64.0	15.0				0.02	0.15	
水解毛发粉	89.6	44.8	6.6	1.32	0.55		0.16	0.66	3500.0
河蚌肉	12.5	49.1	5.2	3.55	1.34		3.24	1.20	4500.0
水解羽毛粉	90.0	76.1	1.2	1.55	0.51		0.04	0.12	3648.0
蚕蛹粉	91.0	53.9	22.8	3.66	2.21		0.25	0.53	4770.0
猪血粉	89.7	80.7	4.81	7.79	0.68		0.39	0.2	3928.0
肉骨粉	93.5	24.4	2.1	1.37	0.34		12.5	5.4	2424.0

从表 15 可知这些鱼粉替代物不仅蛋白质含量高,而且具有与水产动物相似的氨基酸组成与比率,不仅营养成分丰富,并且具很好的消耗、吸收性能,尤其是蛋白质利用率高。

②低值小杂鱼:一般指体长 10 厘米以内、鱼种混杂、商品价格极低的鱼货。它们富含高度不饱和脂肪酸、糖元、胆固醇、脂溶性及水溶性维生素,丰富的无机盐。在国内,多将其绞碎直接用作配饵原料,蛋白质含量较高,鲜度优于鱼粉。小杂鱼按肌肉色泽分白色和褐色两种,前者易长久保存,褐色肌

肉小杂鱼有鲢、幼鲈等。鲢鱼俗称“离水烂”，这是由于鲢鱼死后 2~3 小时后，皮下脂肪层由于强烈的脂鲜酶分解而溢出皮外，促进类脂质氧化。氧化的类脂质对鱼危害很大，对于虾的影响尚没有试验证实。

③低值海产甲壳类：多为定置渔具捕获的小虾、糠虾、蟹及其他甲壳类，如太平洋磷虾和个体较大的浮游动物等混杂的鱼货，商品价格极低。其中磷虾的资源量最大，估计每年可捕获 3 亿吨。据报道，磷虾粉含蛋白质 55%，水分 10%，类脂质 10%~15%，灰分 15.2%。我国的定置渔具年捕获量约数十万吨，一般直接绞碎用作配饵原料，其蛋白质含量极高，氨基酸配比极接近虾、蟹；类脂质的数量、质量亦接近虾、蟹，且含虾、蟹喜食的糖元及其所需的甲壳质，富含胆固醇、脂溶性和水溶性维生素等营养成分，是虾、蟹配饵最佳的海产动物性原料。

④低值贝类：通常指个体小，含泥沙多，不堪食用的贝类，如蓝蛤、寻氏肌蛤、渤海鸭咀蛤等。这些贝类壳薄肉多，壳约占 40%~50%，肉与体液约占 50%~60%。由于这类贝壳薄，可直接喂蟹、对虾等，让其咬破壳自由取食。如作配饵原料，须略为磨碎，除去部分壳质，以免配饵之中贝壳含量太高。这些贝类价格低，但对虾、蟹营养价值高。一般含蛋白质 50%~60%，类脂质 2%~5%，糖 11%~15%，胆固醇约 0.4%~0.6%，还含多种维生素和未知促生长因子。

⑤肉骨粉：是以畜禽内脏及不合卫生要求的屠体为原料，蒸煮加工而成。在美国把含磷量 4.4% 以上的看作肉骨粉，在 4.4% 以下的看作肉粉。为得到理想的高蛋白质产品，可

在其中添加血粉等。规定粗蛋白质中的胃蛋白酶不溶物 11% 以下,并规定不得混入毛、角、蹄、皮、排泄物和胃内容物。各样品之间价值差异大,蛋白质含量高的,品质却不一定好(如消化率不高)。肉骨粉是饲料原料中最容易感染细菌的成分,所以对其品质的检查就显得很重要。

肉骨粉粗蛋白含量为 40%~65%,但其氨基酸组成不及鱼粉。如赖氨酸不及鱼粉的 50%,蛋氨酸只有鱼粉的 30%。

⑥血粉把家畜血液煮熟、干燥、粉碎或喷雾干燥即制成血粉。1 级血粉含粗蛋白质 81% 以上,2 级血粉粗蛋白质含量大于 74%。血粉中类脂质含量 3% 左右,无机盐含量 4.5% 左右,还含多种维生素,色氨酸含量较高,赖氨酸含量高于鱼粉,而蛋氨酸不及鱼粉的 30%。

我国血粉资源丰富。但动物的消化利用率很低,有人在配饵中加 30% 猪血粉及其他蛋白源成分饲养东方对虾,从饲养效果看,猪血粉的作用几乎为零。

发酵血粉的特点是营养价值较高,较容易消化。它是将鲜血与糠麸类混合,并接种发酵用菌种进行发酵后低温干燥制成。发酵血粉含粗蛋白质为 28%。而血液中原有的组氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸等多种氨基酸含量相对降低了,而有些氨基酸,如胱氨酸等则大量增加。发酵血粉按 3%~5% 的比例添加在动物饲料中,可有效地提高饲料粗蛋白质的消化率。这样,血粉可成为价廉物美的虾、蟹配合饲料源之一。至于酶解血粉,成本较高。

⑦蚯蚓粉:含蛋白质约 60%,类脂质约 14%,灰分约 6%。在饲养畜、禽、鱼时,饲效良好,经济效益也高,因为添加

一些昆虫、蝇蛆、蚯蚓,不仅可作饲料用,而且起到良好的引诱剂作用。

⑧蚕蛹:我国是世界上主要的丝产国,蚕蛹资源比较丰富,将蚕蛹作为蛋白质饲料来源应受到重视。蚕蛹含粗蛋白质 60% 以上;脂肪含量高达 20%,但多为不饱和脂肪酸,不易贮存,江浙一带多利用蚕蛹作为廉价动物蛋白源,配混鱼类饲料,养殖效果良好。但据日本有关报道,过多使用蚕蛹会引起虹鳟贫血,而且会使商品鱼具有蚕蛹脂肪的臭味,影响品质。如果将蚕蛹脱脂后使用,不仅可免除鱼肉产生蚕脂味,而且生产效果将会更好。脱脂后的蚕蛹含粗蛋白质可达 69%,脂肪 3%。赖氨酸、蛋氨酸及色氨酸含量均接近鱼粉,而高于肉骨粉。维生素 E 的含量达 900 毫克/千克。维生素 B<sub>1</sub> 为 13.5 毫克/千克,维生素 B<sub>2</sub> 为 72 毫克/千克,超过其他一般饲料。

⑨家蝇幼虫:干蝇幼虫大致成分为:水分 8%,蛋白质 45% 类脂质 15%,灰分 8%,甲壳质 25%。家蝇幼虫的氨基酸组成与鱼粉相似。

⑩水解毛、水解羽毛粉:家禽羽毛、家畜毛碾碎后在蒸汽加热压力下水解而成。含粗蛋白质 80%~85%,粗脂肪 2.5%,粗纤维 1.5%,磷 0.75%,灰分 3%。

在鲷鱼饵料中加 15% 羽毛粉,取得良好的饵料效果。以羽毛粉和酵母单细胞蛋白源混合物喂鳟鱼,其效果优于单用任何一种,这可归结于两种蛋白源的互补作用。据此,可将羽毛粉在虾、蟹配合饲料中试用。

⑪其他畜禽水产下脚料:我国的食物业量大而分散,可利用广泛的产生下脚料,生产动物性蛋白质饲料。如加工海米



的副产品,像虾头、尾、步足、游泳肢、壳和少量肉的混合物,一般含蛋白质约 35%,类脂质 2.5%,无机盐 40%,胆固醇 1%。微量糖元素及维生素,还含有虾黄素等色素,作为配合饲料优于小杂鱼,可谓价廉物美。又如加工去头对虾的副产品——虾头粉,因捕获季节不同,虾头所占比例不同;9~10 月捕获的,虾头占虾体的 34%~38%,含蛋白质约 55%,类脂质约 15%,灰分约 25%。还含大量甲壳素、虾黄素等色素。类脂质中含大量的胆固醇及维生素,是良好的配合饲料的原料。

加工乌贼等制品的下脚料——乌贼和其他软体动物的内脏,含蛋白质 60% 左右,氨基酸比例良好;特别是雄性生殖腺富含精氨酸和组氨酸,这是虾、蟹的必需氨基酸。类脂质 5%~8%。其中含有较多的胆固醇、磷脂类和维生素等。乌贼是我国海域的四大经济海产品之一,加工过程中可获取大量内脏,这是良好的配合饲料原料。

甲壳类和软体动物肝脏内含有大量糖元,其血液中含血红蛋白(富含铁质)。

鱼类加工中的下脚料,含蛋白质的数量与乌贼内脏相近,但虾、蟹更喜食乌贼内脏。雄性生殖腺中含精氨酸和组氨酸,类脂质富含胆固醇、磷脂类和维生素等,这些都可作为配合饲料的原料。

### 3. 微生物及其发酵饲料

利用工业产品及其废弃物,作为微生物生长繁殖的培养基,使其大量繁殖,形成菌体蛋白即微生物饲料。藻类(微形藻)亦属微生物,也可在营养液中大量培养,所以微生物饲料

包括酵母、真菌和藻类。单细胞的酵母菌可用工业生产,称之为单细胞蛋白(SCP),主要用石油、啤酒、造纸的废液培养。真菌主要是白地霉,用酒精液培养。这类饲料富含蛋白质,而且蛋白质中的氨基酸组成非常好,也是维生素、无机盐的优良来源,还含有类脂质、糖分等营养成分,许多国家把它们当成解决人类未来食品的重要蛋白来源。这类生物有很高的繁殖速度和蛋白质生产效率。例如适当条件下酵母菌只需 2~4 小时,单胞藻类 3~6 小时便可繁殖一代,接种 500 千克酵母菌种,日产酵母 2 500 千克,增殖 5 倍。微生物产品含蛋白质 42%~55%,且蛋白质质量接近动物蛋白,其中赖氨酸、亮氨酸特别丰富,只是蛋氨酸、胱氨酸含量偏低。维生素,特别是 B 族维生素很丰富。粗纤维很少,消化率高,适口性好,还有未知的促生长因子。另外,微生物饲料还兼有处理废水、废渣的功效,可工业化生产且占地小。因此,这是一项很有潜力的发展项目。从营养学观点看,这些饲料是很好的配合饲料原料。美国、前苏联等国家把单细胞生物蛋白质作为鱼饵原料,饲效良好。

①饲料酵母:一般含粗蛋白 45%~50%,其中赖氨酸含量高于鱼粉、肉骨粉等,且富含多种维生素、多种酶类和激素,所以既是蛋白源又是促进动物生长的添加成分。如在我国,纸浆酵母、海洋酵母在对虾养殖中,使用效果良好。一种维氮菌株(G-1)能降解猪血等难消化的粗蛋白质,并能利用淀粉和无机氮合成菌体蛋白,作为饲料添加剂用于饲养畜禽及鱼类,收到较好的效果。日本有人研究发现,使用“海洋”酵母,配饵中含量达 40% 时,也十分有效,但配饵中以石油酵母用

量达 40% ) 代替鱼粉饲养长臂虾却效果不佳, 而加入 20% 石油酵母, 对虾生长良好。

②藻粉: 藻类是培育鱼、虾、蟹、贝类的重要饵料。由于它们具有较高的太阳能转化效率和较强的合成蛋白质的能力, 所以如何培育藻类, 并将它们加工成藻粉作饲料源和食品, 一直是人们努力的方向。一般藻类粗蛋白含量 50% 以上, 除含硫氨基酸不足之外, 其他氨基酸含量均较理想, 且富含维生素及促生长物质; 但作为饲料, 其缺陷是细胞壁有胶状物而不易被消化, 且目前藻粉工厂化生产成本尚高。

#### 4. 油脂类

从营养学上看, 油脂类是高能量的营养成分, 又是脂溶性维生素的载体, 是某些必需脂肪酸的来源。为了减少蛋白质作为能量的消耗, 可考虑在饲料中适当添加油脂。油脂类的添加物有鱼油和植物油两大类。

以油类饼粕及糠麸为主要原料的渔用配合饲料, 其本底脂肪含量一般在 5% 以上, 基本上能满足主要养殖鱼类的需要, 如再增加油脂, 势必影响鱼肉的品质。虾、蟹饲料在考虑油脂类需要时, 也从以上几方面考察。

#### 5. 添加剂

添加剂或称添加成分是配合饲料中少量或微量添加物质的总称, 是水产动物配合饲料中必不可少的组成成分。对提高饲料效率, 改进动物产品数量和质量起重要作用。随着动物养殖集约化、商品化程度的提高, 饲料添加剂的发展十分迅

速,已有近 200 个品种,成为独立的添加剂工业。

在使用添加剂时,应以饲料配方的科学组成为前提,不能依靠添加剂来弥补基础饲料本身的不足。生产上使用添加剂是为了更进一步发挥饲料的营养效率,而不是作基本饲料应用。在添加剂的研制开发和应用中应注意,作为添加剂应满足如下条件:

①长期使用不应对虾、蟹产生急、慢性毒害和不良影响,对种虾、种蟹不能导致生殖生理的改变而影响后代;

②必须有确实的经济效益和生产效果;

③在饲料及虾、蟹体内具有较好的稳定性;

④不影响虾、蟹对饲料的采食;

⑤在虾、蟹体内残留量不能超过规定标准,不能影响虾、蟹的产品质量和人体健康;

⑥应充分考虑虾、蟹摄食的特点,使添加后的饲料能成形,并考虑水介质的浸溶作用。添加剂应抗水性能好,使饲料颗粒在水中保型时间较长久。

### (1) 黏合剂

使用黏合剂的目的是把配合饲料各成分黏合一起,因为虾、蟹喜抱食,摄食缓慢,加黏合剂便于虾、蟹摄食。黏合剂可让配饵在水中有良好的稳定性,减少营养成分的溶失。理想的黏合剂稳定性较强,配合饲料入水 24 小时以上也不溃散,黏合剂本身也有丰富的营养价值,能被虾、蟹充分利用。通常用的黏合剂有  $\alpha$ -淀粉、小麦粉(主要为下脚面粉)、褐藻胶。试验用的明胶、羧甲基纤维素(CMC)及其钠盐、琼脂等。可分为三类,即糖类、动物胶类、合成黏合剂。地瓜粉、下脚面粉、

淀粉属糖类;动物胶包括骨胶、皮胶、鱼鳔胶等;合成的黏合剂有聚乙烯醇、褐藻酸丙二醇酯等。

糖类黏合剂价格低廉,但黏合性不理想。还需不断改进。

动物胶类的黏合性比糖类略好,但价格高,虽含大量蛋白质,其中氨基酸也较齐全,但被动物利用率极低。

合成黏合剂黏合性能较好,价格略高于动物胶。但使用安全性需进一步试验。

近年来我国开发出了鲜型黏合剂,也就是把新鲜的低值鱼、虾、贝及鱼内脏等,用绞碎等方式处理,使其保持蛋白质的新鲜状态,用它来作黏合剂。鲜型黏合剂中所含的大量蛋白质是良好的胶体,用它们与干饲料相混、压制成型、干燥,蛋白质因脱水而变性凝固,入水后不易复原,因而具有良好的黏合作用,同时它又是营养丰富的配合饲料成分。日本 1977 年公开的专利是:把生鲜鱼肉加 0.1%~0.3% 食盐,混合均匀,使鱼肉中的盐溶性蛋白肌球蛋白溶解出来,形成黏稠糊状物,与干饲料混匀,其中糊状物与干饲料之比为 (50~150):100,压制成型,100℃ 烘干。

影响鲜型黏合剂效果的,其一是黏合剂的鲜度。鲜度愈好黏合效果愈好。冷冻和解冻次数愈多,黏合效果愈差。其二是黏合剂的原料。如鱼类,软体动物内脏、贝类,采捕期愈接近雄性生殖腺成熟期,黏合效果愈好。其三是干饲料的物理性状及其搭配。例如含类脂质太多(含量超过 20%)便不能获得好的黏合效果。吸水率大且吸水快的原料(如啤酒酵母)用量过大,由于吸水迅速膨胀会使黏合颗粒溃散。原料细度愈好,黏合性愈好。贝类中混入贝壳的多少会影响黏合效

果,一般贝壳含量不超过 10% 为好。

黏合剂效果的好坏,不仅影响饲料效果,还会影响水质,饲料若不能很好地为水产动物利用,便会成为腐败水质的残饵。

## (2) 营养添加剂

为提高配合饲料的营养标准,提高饲料的利用率而添加的成分即为营养添加剂。如维生素类、无机盐、固醇类等。为降低成本配合饲料的主要原料多为植物性来源,饲料中固醇类含量普遍低,应补充商品胆固醇或多配放富胆固醇的原料,如陆生动物脑、鱼卵、鱼肝等。根据需要,可添加维生素、无机盐等。

以植物性原料为主的饲料,其蛋白质中最缺的是赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸,其次是精氨酸和苏氨酸。为充分利用植物性饲料源,提高饲料的经济效益,可添加这些限制性氨基酸来提高其营养价值。但目前虾、蟹饲料中添加游离氨基酸尚存在一些技术上的问题。目前畜禽饲养中已较广泛使用赖氨酸、蛋氨酸作为添加剂(以 0.1%~0.2% 用量添加)。用 1 千克蛋氨酸可节约 25~30 千克鱼粉,经济效益明显。某些由生物体提取的复合氨基酸制作成限制性氨基酸,在饲料中添加应用,在水产动物的饲养上也是有效的。

无机盐添加剂主要由钴、铜、锌、碘、硒、钙、磷、铁、钾、钠、镁、硫、氟等元素组成。用于鱼类饲养时,以易溶于水及稀酸的盐类吸收率最高,骨粉及植酸盐最低。畜禽用无机盐配方中以钙为主体,渔用配方以磷为主体。

在饲养中添加维生素时,应考虑所用饲料中维生素的底

含量。例如米糠中 B 族维生素及胆碱含量高,就可少加或不加。维生素 H 价格昂贵,一般饲养添加量小于 0.1 毫克/千克,而米糠中含量达 4.62 毫克/千克,所以根本无需再添加。此外应注意维生素的稳定性及添加技术,不能采取简单混合。例如维生素 C 最不稳定,须分散或制成胶囊后再添加。

### (3) 抗氧化剂和防霉剂

要防止饲料在贮藏中脂肪氧化变质和霉菌繁殖,增强饲料营养成分的稳定性。在工业生产的配合饲料中,都添加有氧化剂和防霉剂。

化学合成的抗氧化剂主要有 2-特丁基-4-羟基苯甲醚与 3-特丁基-4-羟基苯甲醚两种异构体的混合物(BHA); 2,6-二特丁基-4-甲基苯酚(BHT),山道喹、磷酸及维生素 E 等。天然抗氧化剂有卵磷脂、愈疮树脂等。配合饲料中添加抗氧化剂量为 0.01%~0.05%。当配合饲料中脂肪含量超过 6%或维生素 E 缺乏时,应增加添加量。大部分抗氧化剂不能被动物吸收,但维生素 E 能被吸收,且有较好的抗氧化作用及其他重要的生理功能,但价格较贵。

防霉剂中使用最广、效果最好的是丙酸钙和丙酸钠,一般用量为 300 毫克/千克。其作用有:①降低微生物数量;②抑制毒素生成;③预防贮藏期间营养素损失;④避免饲料温度升高,使黄曲霉素失活;⑤本身具一定能量,含钙、钠,可作为动物的营养。防霉剂还有醋酸、硫酸铜、制霉菌素。紫外线照射或氨处理也有利防霉。霉菌生长的最适条件为:温度 24~32℃;相对湿度 80%~100%;空气流通和足够的能量。而高温、干燥、密闭与整粒贮藏则可防霉。

#### (4) 促长剂、引诱剂

一些促进生长剂以及诱食剂有时也作为添加剂加入配合饲料。

#### (5) 呈色剂

养殖虾、蟹的色泽问题,在日本得到相当重视。养殖虾、蟹的色泽由饲料中的虾青素或由可转化为虾青素的类胡萝卜素提供。据日本报道, $\beta$ -胡萝卜素、玉米黄和虾黄质等色素都可转化成虾青素。如用玉米谷蛋白、苜蓿、螺旋藻和虾黄质的配合饵料喂养对虾,对虾体色素也有明显影响。

## (二) 虾、蟹配合饲料配方的计算方法

为了使配合饲料中蛋白质、碳水化合物、脂肪、维生素、无机盐等成分全面,比例合理,又适于加工成型,人们根据虾、蟹营养需要,把饲料及添加成分配合起来,形成多种配方。

人工配合饲料的配方应随虾、蟹生长发育不同阶段,不同季节而变化,还要视各种具体情况作适当调整,以求降低成本,较佳的效果,最大的经济效益。例如,幼虾阶段,蜕壳次数多,个体变化较快,耗氧率高,配合饲料中要适当添加促进蜕壳,促进新壳形成的物质;夏季,动物性成分要适当降低,防止水质污染。虾、蟹摄食特点是缓慢啃噬,因此在饲料中黏合成分的质量和效果又要特别重视。

配合饲料配方计算方法有方块法、试差法、数字公式法及电子计算机法等。其中最常用的是方块法(又称方形法、四角形法、对角线法、对角线交叉法)现将该法介绍如下。



**方块法** 这是一种数学模拟法。简单易学，适宜于饲料种类不多及考虑营养指标少的配方设计。举例如下：

(1) 查得虾在某一阶段所需营养标准的粗蛋白质为 45%，现在原料中蛋白质含量是：鱼粉 65%，豆饼 45%，玉米粉 9%，麸皮 15%

(2) 将原料分类(可按蛋白质含量及其类别分类)，并按原料来源及价格情况，确定每种原料在同类饲料中的百分比，见表 16

表 16 原料分类及配比

成分分类	饲料种类	百分比	粗蛋白含量	总粗蛋白量
蛋白质原料	鱼粉	$40\% \times 65\%$	26%	53%
	豆饼	$60\% \times 45\%$	27%	
能量原料	玉米	$50\% \times 9\%$	4.5%	12%
	麸皮	$50\% \times 15\%$	7.5%	
添加剂	磷酸盐及维生素	1%		占总混合料的 2.5%
	氨基酸	0.5%		
	黏合剂	1%		

(3) 从计划配制的混合料中减去添加剂部分，再核算剩余料混合料实际配成的粗蛋白质含量。例如配制混合料 1 000 千克，减去添加剂： $1\ 000 \times 2.5\% = 25$ (千克)，余 975 千克，实际要配制的粗蛋白质含量应是：

$$45\% \div (100\% - 2.5\%) = 46.2\%$$

(4) 制一方框图，将实际要配制的粗蛋白质含量(46.2%)写在交叉线中间，左上、左下角分别标注能量原料与蛋白质原

料的蛋白质含量,连接对角线,顺对角线方向把大数减小数所得差数分别填在对应的右上、右下角(见图 17),再计算两类原料所占百分比:

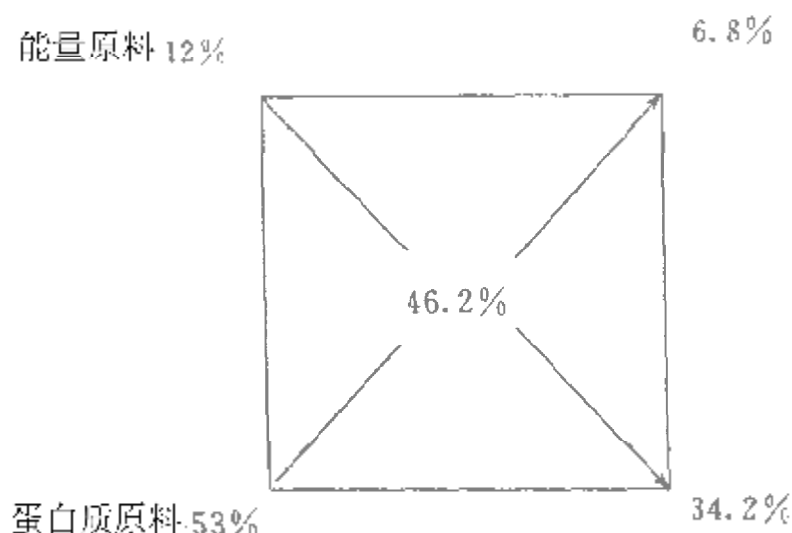


图 17 饲料配方计算方块图

$$\text{能量原料 \%} = \frac{6.8\%}{6.8\% + 34.2\%} = 16.6\%$$

$$\text{蛋白质原料 \%} = \frac{34.2\%}{6.8\% + 34.2\%} = 83.4\%$$

(5) 分别计算各原料占 1 000 千克混合料中百分比含量, 得出粗蛋白质含量为 45% 的虾用饲料配方:

$$\begin{aligned} \text{能量原料} \left\{ \begin{array}{l} \text{玉米: } 975 \times 16.6\% \times 50\% = 80.9 \text{ (千克)} \\ \text{麸皮: } 975 \times 16.6\% \times 50\% = 80.9 \text{ (千克)} \end{array} \right. \end{aligned}$$

$$\text{蛋白质原料} \left\{ \begin{array}{l} \text{鱼粉: } 975 \times 83.4\% \times 40\% = 325.3 \text{ (千克)} \\ \text{豆饼: } 975 \times 83.4\% \times 60\% = 487.9 \text{ (千克)} \end{array} \right.$$

$$\begin{aligned} \text{添加剂} \left\{ \begin{array}{l} \text{磷酸盐: } 1\,000 \times 1\% = 10 \text{ (千克)} \\ \text{维生素及氨基酸: } 1\,000 \times 0.5\% = 5 \text{ (千克)} \\ \text{黏合剂: } 1\,000 \times 1\% = 10 \text{ (千克)} \end{array} \right. \end{aligned}$$

应指出,方块左边,即两种饲料原料的粗蛋白质含量,与要达到的配方粗蛋白含量指标相比,必须一种大,一种小。若两种原料都比配方要求的大或者都小,最后标出的配方就是错误的。

### (三) 虾、蟹饲料的配合

研究虾、蟹类对营养的需求、各种饲料的特性,对其营养成分和营养价值进行评价、了解各种饲料的来源及人工养殖或培育的方法,按现有条件与经济生产的可能性,然后进行虾、蟹的人工配合饲料的设计。饲料配方设计的目的是选用最合理、最经济的原料,配合成型,投饵养殖,以获取最大的虾、蟹产量,获取最大的经济效益。

#### 1. 选料配合的原则

①设计饲料配方的依据是虾、蟹营养需要及饲料的营养价值。由于养殖虾、蟹品种、年龄、发育时期、习性、生理状态及水质环境不同,对于各种营养物质的量与质的要求不同。此外,因原料产地,采收贮藏时间,处理与加工方法不同,营养物质的质与量也不同。在配方设计时,首先要满足虾、蟹对饲料能量的要求,即得以生存所需的能量,然后利用蛋白质、脂肪、矿物质等开始生长。如果设计不当只能首先分解各类物质作为能量消耗、维持生命活动。所以须保持蛋白质和能量间的最佳比例,使价格较高的蛋白质饲料最大限度地用于生长。

②虾、蟹类要求饲料中蛋白质含量相当高,例如东方对虾要求饲料中蛋白质含量 40%~51%;日本对虾要求饲料中蛋白质含量 52%~57%。淡水虾类多为杂食性或草食性,要求饲料中蛋白质含量稍低些。配方时须把重点放在饲料中蛋白质与氨基酸含量的比率上,使之达到氨基酸平衡。

③为了使配合饲料配方符合营养标准,可利用各种蛋白质原料各自的优、缺点,起“互补”作用。例如,豆饼是饼粕类,含蛋白质较多,但其中钙和 B 族维生素较少;而麸皮蛋白质含量不高,含钙、磷和 B 族维生素较丰富。豆饼和麸皮并用可取长补短。

④针对虾、蟹类对营养和其他物质的特殊需要,注意增添一些特殊物质。例如虾、蟹与其他甲壳动物一样,在生长蜕皮过程中,需要特殊的脂质及“甾类激素”。据研究,用鳕鱼肝油和大豆油等量混合,按 6%添加入对虾配合饲料中,可明显提高对虾的增长率和饲料效率。此外,虾、蟹类需要充足的甲壳素和矿物质,饲料中需要增添虾粉或甲壳质,钙磷比 1.28~2.54,矿物质添加量 7%~17%。虾、蟹对维生素 E 和维生素 C 要求较高,在饲料中添加胡萝卜素,可增加对虾鲜艳的红色和虾壳的花纹。

⑤必须考虑虾、蟹饲料原料的各营养成分的可消化性与饲料的适口性。例如未经处理的血粉、羽毛粉,蛋白质含量很高、氨基酸也平衡,然而蛋白质与各氨基酸的消化率不高,结果饲料效率很低,而含粗蛋白比血粉低的骨肉粉,消化率达 75%,使有效粗蛋白达 36.5%,反而比血粉将近高出 1 倍。如菜饼、高粱等有辛辣涩苦味,适口差,必将导致摄食量不足,

残饵增加,饵料浪费严重,使虾、蟹生长减慢,因此使用时,应预处理,除异味,也可限量使用或加调味剂。

⑥ 进行配方设计时,必须同时考虑虾、蟹摄食特性,要求饲料在水中有较长的保型性及营养稳定性。例如要求对虾饲料在水中至少保型 6 小时以上,这就要求原料粉碎粒度达到 60 目以上,而且要求使用较强的黏合剂,如琼脂、动物胶、聚乙烯醇、 $\alpha$ -淀粉及褐藻酸钠等,在加工过程中掌握加工温度,使之黏合保型,同时利于消化。再如豆饼,富含氨基酸,赖氨酸含量尤为丰富,但机榨法比浸出法生产出的豆饼营养价值高。因机榨过程中,热处理破坏了豆饼中的抗胰蛋白酶、肌红蛋白酶、尿素酶等,提高了氨基酸的有效性。但过热又会降低其有效性。

⑦ 在饲料配合时还应考虑饲料的卫生状况。从广义上说,配合饲料是人类的间接食品。饲料的卫生状况不仅影响虾、蟹的养殖,而且与人类健康有密切关系。卫生质量包括饲料本身含有的毒素和可能致病因素。如植物性饲料中的某种生物碱、清蛋白、酶类及盐类;菜饼中的芥子苷及水的产生的异硫氰酸酯和噻唑烷硫酮;棉饼中的棉酚;动植物饲料中的亚硝酸盐在一定温度、湿度条件下经微生物作用还原成有毒盐类;变质肉类、鱼粉中的亚硝酸铁是公认的致癌物质。混入饲料中的重金属盐类,农药残留和环境污染物;有害微生物以及非适当的饲料添加剂,无论何种有效的添加剂都有严格的量和质的要求,并根据养殖对象、环境和饲料特性而变化。微量元素、维生素、促生长剂等添加过量或混合不匀,不但无效反而有毒。对于抗菌剂、抗氧化剂、药剂、防霉剂等的添加更要

谨慎,防止中毒或严重影响虾、蟹品质。

⑧在设计配方时最重要的原则是取得最大经济效益。这就要因地制宜、就地取材,充分发挥本地饲料资源优势,减少运输、贮藏堆积损耗。不能盲目用加入廉价粗饲料的方法来降低成本,而使收益减少。有时讲究营养,注意动植物蛋白配比,虽增加了饲料成本,但产量与收入会更大,总的经济效益会更高。

⑨在配方时应根据实际生产水平,原料来源变化等灵活机动地改变配方设计以适应新情况;根据需求和可能,运用虾、蟹营养与饲料学研究成果及时调配与更新。

## 2. 配合饲料的形态与种类

虾、蟹用配合饲料因水环境的关系,及虾、蟹在水中摄食的特点和生长发育不同阶段,饲料形态多种多样。

①粉状饲料:主要用于幼体时期饲养。将其撒入水中,或加水作成食团,放置食台上供其自由摄食。这种粉状饲料溶失量较大,很难达到预期效果。

②硬颗粒饲料:这种饲料采用环模或平模式制丸机生产。加水量少或只通蒸汽而靠强大压力,压制成固形饲料,颗粒的硬度可达 5~10 千克压力,颗粒一经压出及时冷却后便可包装出厂。生产量大,可不经干燥过程,适于工业化生产。颗粒一般为沉性。可用此方法生产优质虾、蟹饲料。

③软颗粒饲料:这种饲料为绞肉机式的压丸机所生产,特点是加水量大(加水量约为饲料量的 30%~40%),压制的颗粒质地松软,需经晒场晒干才能贮藏和运输,适合养殖场自己

生产使用。软颗粒饲料的耐水性强于硬颗粒饲料，且具有一定的浮性(与原料有关)。

④膨化颗粒饲料：生产这种饲料的加工机械与软颗粒饲料基本相同，但它在绞龙部分加热，使饲料在压制成颗粒的过程中温度升高到  $120 \sim 180^{\circ}\text{C}$ ，蒸汽压力很大，颗粒出来时由于迅速减压而膨化。膨化饲料在水中呈飘浮状，便于观察和控制摄食量。但该饲料必须要求有 20% 以上的淀粉含量，且耗电大，生产量不高。

⑤破碎颗粒饲料：一般的颗粒饲料机只能生产直径在 2.5 毫米以上的颗粒，颗粒愈小，产量愈低，生产压模也愈困难。先以较大孔径压模生产颗粒，然后用一种简单破碎机，将其破碎成所需的规格，并过筛选择备用。这是一种小颗粒配合饲料，克服了粉状饲料的缺点。

⑥人工微粒饲料：为解决虾、蟹等幼体的饲料，可生产人工模拟浮游生物饲料。微颗粒饲料按制造方法和性状的不同分三类：微胶囊饲料(MED)、微黏饲料(MBD)和微膜饲料(MCD)。从营养和加工工艺的角度考虑，又可分为全价配合饲料、添加剂预混合饲料、浓缩饲料等。

## (四) 虾、蟹饲料配方

虾、蟹饲料的配方应根据不同品种、不同发育时期、不同季节、不同养殖环境、饲料原料品质来源，配合饲料制作加工方式，饲料形态加工水平作不断改进，根据养殖需要灵活变更，根据对养殖对象的科学认识不断优化。以下主要以青虾、

罗氏沼虾、中华绒螯蟹为例介绍其配合饲料。

### 1. 饲料中的营养配比

虾蟹配合饲料中各成分间的配比,因生长发育时期不同而不同,如幼体时期、仔体时期(种体时期)及成体时期对营养的需求是各不相同的。

从虾体的增重、成活率及饲料利用系数等方面对配合饲料中蛋白质的适宜含量进行综合判断,一般以 40% 为宜,青虾饲料蛋白质适宜范围为 36.8% ~ 42.27% ,上限达 52.12% ;罗氏沼虾范围是 35% ~ 42% 。

罗氏沼虾苗种期饲料蛋白质要求 50% ~ 70% ;种虾和幼虾为 40% ~ 50% ;成虾阶段为 37% ~ 40% 。生产试验证实,配合饲料中蛋白质在 38% 左右为最好,这时生长速度最快。如果蛋白质含量仅 28% ,且全用植物性饲料源来配合,其生长速度便很慢。对青虾各生长阶段蛋白质需要量的研究基本上属空白,但可参照罗氏沼虾各期的情况。

罗氏沼虾配合饲料中脂类添加量为 2% ~ 10% ,适宜量为 6% ~ 8% ,其变化随饲料蛋白质的质和量、必需氨基酸的平衡程度等而变化。Hatton 等(1984)在含 1% 胆固醇的精制配合饲料中添加 0 ~ 10% 卵磷脂饲养罗氏沼虾幼虾,发现对虾的生长及成活率没有明显影响,他认为罗氏沼虾饲料中不需额外添加胆固醇和卵磷脂。国外有学者研究表明,不饱和脂肪酸能促进罗氏沼虾生长,20 碳以上的不饱和脂肪酸对促进虾的生长作用更明显,占饲料量的 0.075% 便能满足其需要了。青虾饲料中脂肪含量与增重率的关系为  $y =$



$23.807x^{0.1179}$  ( $y$  为增重率;  $x$  为脂肪含量), 脂肪含量与饲料系数的关系为  $y = 3.013x^{-0.155}$  ( $y$  为饲料系数;  $x$  为脂肪含量), 其最适脂肪含量为 9%。碳水化合物适宜量为 15%~25%。无机盐含量 20%, 贝壳粉为 25%; 促生长剂 0.07%; 胆固醇(或肌醇或蜕壳素)、维生素、甜菜碱为基本成分, 与一些氨基酸配成水产动物摄食引诱剂以及消化酶。虾用消化酶大多为蛋白酶, 添加方式一是体外酶化, 首先把消化酶加入到饵料中, 人工调节温度、湿度、pH 值, 将底物分解为可充分吸收利用的产物, 然后供其食用; 二是将消化酶直接加到饲料中。幼虾开口饲料适宜体外酶化, 一般用胰蛋白酶, 添加量为 0.5%, 添加水 70%, 酶化温度 35~40℃, pH 7.5~8.5 酶化时间 2.5~3 小时。微量元素在酶化后才可加入。

中华绒螯蟹(以下简称河蟹)在其生长全过程中, 分蚤状幼体, 大眼幼体, 然后变态为幼蟹进入完全的淡水生长, 之后, 只是生长大小不同, 而形态上无根本区别了。徐新章(2000)将河蟹营养需求按以下几个阶段来划分:

(1) 以大眼幼体成活率为分析指标, 蚤状幼体配合饲料中蛋白质、脂肪、纤维素、糖的适宜含量分别为 45%、6%、4%、20%, 各营养素对河蟹蚤状幼体成活率的影响极显著, 对蟹苗成活率的影响顺序依次为蛋白质>脂肪>纤维素>糖。

试验中用的多维配方为:  $V_B110$  毫克/千克,  $V_{B_2}20$  毫克/千克,  $V_{B_6}2$  毫克/千克,  $V_E40$  毫克/千克,  $V_A2500$  国际单位,  $V_D250$  国际单位,  $V_C100$  毫克/千克, 肌醇 100 毫克/千克, 噻乙醇 20 毫克/千克, 生物素 0.1 毫克/千克, 胆固醇 250 毫克/千克, 氯化胆碱 100 毫克/千克, 加入麦饭石浸出液并用

$\text{KH}_2\text{PO}_4$  调节 Ca、P 比值。试验中用  $\text{CaCl}_2$  和  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  来调节配合饲料的钙磷含量及其比值, 结果表明河蟹蚤状幼体配合饲料中钙磷总量为 3%、钙磷比为 2:1 时, 大眼幼体的成活率最高。

以上配制后, 每日投饲 8 次时平均饲料系数 1.132。

(2) 大眼幼体至体重 0.1 克蟹, 此阶段配合饲料的营养指标为: 粗蛋白质 48.6%, 粗脂肪 7.1%, 粗纤维 4.9%, 糖 21.2%, 粗灰分 13.2%, 钙磷比为 1.5:1; 必需氨基酸总量 17.668%。

(3) 体重 0.09~0.1 克河蟹配合饲料中适宜的蛋白质 41.7%, 脂肪 6.8%, 糖 31%, 纤维素 7.8%, 无机盐 12.6%, 钙磷比为 2:1。

河蟹对秘鲁鱼粉、美国肉骨粉、配合饲料的蛋白质的表观消化率分别为  $(89.54 \pm 0.38)\%$ 、 $(73.96 \pm 0.13)\%$ 、 $(94.19 \pm 0.45)\%$ 。对上述三种饲料的 10 种必需氨基酸的平均消化率分别为 87.3%、44.8%、86.9%。从必需氨基酸吸收率看, 对碱性氨基酸(赖、精氨酸)的吸收率最高, 对组氨酸和色氨酸的吸收率出现不规则的变化。河蟹对带电荷(正或负)的极性 R-基的氨基酸吸收率最高, 这与对虾相似。

研究河蟹蜕壳前后蟹体与蟹壳中钙磷变化发现, 当河蟹壳中钙量与体中钙量相似  $P > 0.05$  时才具备蜕壳的可能性, 在蜕壳时大部分磷仍保留在软壳蟹中不轻易蜕去。所以钙量是蜕壳时的主要因素, 磷量影响小。水体供钙比配合饲料供钙量大。所以河蟹配合饲料中必须加入磷盐而可以不加钙盐。

中科院植物研究所(1988)认为,饲料中含 6.11% 的粗纤维对河蟹的生长发育有利;徐新章(1992)报道,含粗纤维 7.8% 的饲料饲养 0.1~10 克的河蟹成活率最高,适量的纤维素有助于胃肠的蠕动,有利于对蛋白质等营养物质的吸收。刘学军等(1990)调制河蟹饲料的钙磷比为 1:1.2,配以适量蛋白质(前期 41%,中期 36%),粗脂肪 5.2%,粗纤维 6.5% 饲养河蟹,其生长速度为每口每只 0.75 克。

## 2. 河蟹配合饲料配方举例

(1)幼蟹喜食且生长好的配方:鱼肉浆 20%,蛋黄 30%,豆浆 30%,麦粉 20%。

(2)豆饼和玉米 45%,麸皮 27%,土面 10%,蟹壳粉或骨粉 13.1%,海带粉 4.5%,生长素 0.35%,维生素 0.05%。

(3)动物性蛋白饲料 37%,饼类 41%,糠麸粮食 8%,添加剂等 14%(粗蛋白质含量约为 44.05%)

(4)动物性蛋白饲料 33%,饼类 50%,糠麸粮食 7%,添加剂等 5%(粗蛋白质含量为 40.97%)

(5)动物性蛋白饲料 35%,饼类 41%,糠麸粮食 11%,其他成分及添加剂等 13%(粗蛋白质含量为 40.37%)

(6)动物性蛋白饲料 38%,饼类 41%,糠麸粮食 11%,其他成分及添加剂等 10%(粗蛋白质含量为 42.75%)

(7)鱼粉 36%,豆饼 33% 棉饼或菜饼 9% 玉米糠麸 15%,添加剂 7%(粗蛋白质含量为 42% 左右)

(8)微囊饲料:鱼粉 45%,蛋黄粉 5%,蛤仔粉 2%,脱脂奶粉 10%,卵磷脂 0.5%,酵母粉 3%,小麦精粉 22.5%,玉米

麸质粉 5% ,乌贼肝油 1% ,多维、矿物质 2% ,明胶等 4% .  
(粗蛋白质含量为 48% 左右)

(9)鱼粉、蚕蛹粉、蚯蚓、贝肉等动物性饲料占 15% ~ 20% ;豆饼、花生饼、菜籽饼等饼粕类占 65% ~ 70% ;山芋粉、麦粉等黏合剂占 5% ~ 6% ;钙、铁、钾等矿物质或贝壳粉、蛋壳粉占 2% ~ 3% ;生长素占 1% ~ 2% .

### 3. 罗氏沼虾配合饲料配方举例

(1)国内的饲料配方组成 I (适合于稚、仔虾)

①鱼粉 60% ,麸皮 22% ,花生饼 15% ,矿物质 3% ,维生素微量。(粗蛋白质 50% ,广西水产研究所)

②鱼粉 50% ,豆饼 35% ,小麦粉 15% .(粗蛋白质 41% ,东海水产养殖公司)

③鱼粉(蛋白 57 )20.6% ,虾粉(蛋白 45 )20.0% ,大豆饼(蛋白 47 )21.0% ,玉米粉 17.0% ,高黏性大麦粉(蛋白 16) 20.0% ,碘化食盐 0.4% ,微量元素 1.0% . (粗蛋白质为 35% 以上,湖北)

④蚕蛹 30% ,豆饼 20% ,麦粉 49% ,骨粉 1% .(粗蛋白质 35.5% ,上海)

⑤鱼粉 20% ,花生饼 27.5% ,麦粉 30% ,米糠 20% ,骨粉 2.5% .(粗蛋白质 37 ,上海)

⑥鱼粉 15% ,豆饼 70% ,麦粉 14% ,肉粉 1% .(粗蛋白质 41% ,上海)

⑦鱼粉 15% ,花生饼 25% ,豆饼 23.7% ,肉骨粉 1.5% ,麸皮 5% ,棉籽饼 6% ,贝壳粉 3% ,微量元素 2.1% ,赖氨酸

2.2%, 蛋氨酸 1.0%, 光合细菌 5%。(李其等)

⑧乌贼粉(或虾壳粉)10%, 鱼粉 23%, 豆粉 20%, 大麦片 10%, 面粉 27%, 生蛋 1.1%, 食盐 0%, 预混合剂 2.0%。(粗蛋白质 32%, 台湾)

(2)国内的饲料配方组成Ⅱ(适合于成虾)

①鱼粉 12%, 虾粉 12%, 大豆饼 12.6%, 玉米粉 42%, 高黏大麦粉 20%, 碘化盐 0.4%, 微量元素 1%。(粗蛋白质 25% 以上, 湖北)

②鱼粉 30%, 豆饼 20%, 麦粉 49%, 肉粉 1%。(粗蛋白质 31.7%, 上海)

③蚕蛹 30%, 豆饼 20%, 麦粉 49%, 肉粉 1%。(粗蛋白质 35.48%, 上海)

④鱼粉 10%, 豆饼 40%, 麦粉 10%, 麸皮 40%。(粗蛋白质 30.2%, 江苏)

⑤大麦 7%, 地脚粉 10%, 豆饼 40%, 菜饼 12%, 米糠 7%, 麸皮 7.2%, 鱼粉 12%, 骨粉 4%, 微量元素 0.5%, 食盐 3%。(粗蛋白质 32.2%, 常州饲料公司)

⑥大麦 4%, 地脚粉 10%, 菜饼 20%, 米糠 8.2%, 鱼粉 16%, 肉粉 4%, 微量元素 0.5%, 食盐 0.3%。(粗蛋白质 35.6%, 常州饲料公司)

⑦麸皮 50%, 花生饼 27.5%, 鱼粉 20%, 蚌壳粉 2.5%。(粗蛋白质 40%左右, 浙江)

⑧麸皮 30%, 花生饼 27.5%, 鱼粉 20%, 米糠 20%, 蚌壳粉 2.5%。(粗蛋白质 37%, 浙江)

⑨鱼粉 30%, 麸皮 50%, 黄粉 20%, 促生长素 0.5%。

(广东)

⑩花生饼 30% , 鱼粉 25% , 麸皮 30% , 备用生长素 250 克。(广东)

⑪花生饼 30% , 鱼粉 25% , 麸皮 45% , 维生素及促生长素少量。(广西水产研究所)

⑫鱼粉 30% , 豆饼 20% , 麦粉 49% , 骨粉 1%。(粗蛋白质 31.8% , 上海)

⑬鱼粉 10% , 豆饼 40% , 麦粉 10% , 麸皮 40%。(粗蛋白质 30.2% , 上海)

⑭鱼粉 30% , 麸皮 49% , 米糠 20% , 蚌壳粉 2%。(粗蛋白质 32% , 上海)

⑮乌贼粉(或虾壳粉)10% , 鱼粉 20% , 豆粉 18% , 大麦片 7% , 面粉 24% , 生蛋 1.5% , 钙粉 10% , 食盐 0.5% , 预混剂 2%。(粗蛋白质 30% , 台湾省)

⑯乌贼粉(或虾壳粉)10% , 鱼粉 17% , 豆粉 18% , 大麦片 7% , 面粉 27% , 生蛋 1.5% , 钙粉 10% , 食盐 0.5% , 预混剂 2%。(粗蛋白质 28% , 台湾省)

(3)国内的饲料配方组成Ⅲ(适合于幼虾至成虾)

①鱼粉 20% , 花生饼 27.5% , 米糠 20% , 麦粉 30% , 骨粉 2.5%。(粗蛋白质 37% , 上海)

②鱼粉 15% , 豆饼 70% , 麸皮 14% , 骨粉 1%。(粗蛋白质 41% , 江苏)

③鱼粉 30% , 豆饼 15% , 麸皮 15% , 四号粉 10% , CMC 微量。(粗蛋白质 40% , 淡水渔业研究中心)

④鱼粉 30% , 花生饼 30% , 麸皮 37% , 虾壳粉 3%。(粗

蛋白质 41%, 湖北)

⑤苜蓿 4%, 玉米 56.8%, 黄豆 25%~27%, 肉骨粉 8%~11%, 鱼粉 5%, 复合维生素 1.25%。(张玄言等)

(4) 国外罗氏沼虾饲料配方 I (适合于稚、仔虾)

乌贼粉 27.6%, 干虾 27.6%, 鱼卵 6.9%, 蛋 6.9%, 鱼油 14%, 复合维生素 1%, 混合盐 1%, 褐藻胶 1.5%。(粗蛋白质 54%, 法国)

(5) 国外罗氏沼虾饲料配方 II (适合于幼虾)

①虾粉 25%, 鱼粉 10%, 花生饼 5%, 豆饼 9%, 碎米 21.5%, 米糠 25.5%, 鱼油 3%, 黏合剂 1%。(粗蛋白质 25%, 泰国)

②虾粉 44%, 鱼粉 18%, 花生饼 9%, 豆饼 9%, 碎米 8% 米糠 8% 鱼油 3%, 黏合剂 1%。(粗蛋白质 35%, 泰国)

③牛肉粉 62%, 米粉 18%, 高粱粉 20%。(粗蛋白质 29%, 哥伦比亚)

④玉米粉 53.25%, 棉籽粉 10%, 肉骨粉 7%, 豆饼粉 24.25% 复合维生素 1.25%, 复合无机盐 1.25%, 糖蜜 3%。(粗蛋白质 24% 左右, 美国夏威夷)

⑤玉米粉 50.25%, 棉籽粉 15.75%, 肉骨粉 7%, 豆饼粉 20.5%, 复合维生素 1.25%, 复合无机盐 1.25%, 糖蜜 4%。(粗蛋白质 24% 左右, 美国夏威夷)

⑥苜蓿 4%, 玉米粉 56.75%, 肉骨粉 11%, 豆饼粉 27%。(粗蛋白质 24% 左右, 美国夏威夷)

⑦苜蓿 4%, 玉米粉 56.75%, 肉骨粉 8%, 豆饼粉 25% 金枪鱼粉 5%。(粗蛋白质 24% 左右, 美国夏威夷)

#### 4. 青虾配合饲料配方举例

##### (1) 稚仔虾配合饲料组成

①鱼粉 60% ,花生饼 15% 麸皮 22% ,矿物质 3% ,维生素微量 (粗蛋白质 50%)

②鱼粉 50% ,花生饼 20% ,麸皮 30% ,维生素微量 (粗蛋白质 45%)

③鱼粉 35% ,花生饼 25% 麸皮 37% ,蚌壳粉 3% 。(粗蛋白质 45%)

④鱼粉 30% ,花生饼 30% 麸皮 37% ,蚌壳粉 3% 。(粗蛋白质 43%)

##### (2) 成虾配合饲料组成

①鱼粉 20% ,花生饼 27.5% ,麸皮 30% 米糠 20% ,蚌壳粉 2.5%。(粗蛋白质 37%)

②蚕蛹 30% ,豆饼 10% ,花生饼 5% ,麸皮 50% ,米糠 5%.

③豆饼 40% ,地粉 10% ,大麦粉 7% ,菜饼 12% ,米糠 7% ,麸皮 7.2% ,鱼粉 32% ,骨粉 4% ,微量元素 0.5% ,食盐 0.3% .

④豆饼 37% ,菜饼 20% ,米糠 8.2% ,大麦粉 4% ,地粉 10% ,鱼粉 16% ,骨粉 4% ,微量元素 0.5% ,食盐 0.3%

⑤鱼粉 20% ,蚕蛹 7.5% ,花生饼 20% ,麸皮 30% ,米糠 22.5%.

⑥鱼粉 20% ,蚕蛹粉 10% ,豆饼 10% ,花生饼 2% ,麸皮 40% ,米糠 18% ,骨粉 1%



⑦ 麸皮 39% ,米糠 30% ,鱼粉 1% ,黄豆粉 10% ,蚌壳粉 20% 。

⑧ 蚕蛹、蚯蚓 17.1% ,小杂鱼、蚌肉 2.2% ,米糠、麸皮 77% ,大米 3.7% ,青饲料适量(湿饵)

(3) 幼虾至成虾配合饲料配方组成

① 鱼粉 35% ,花生饼 5% ,麸皮 57.5% ,蚌壳粉 2.5% .  
(粗蛋白质 40% )

② 鱼粉 20% ,花生饼 27.5% ,麸皮 50% ,蚌壳粉 2.5% .  
(粗蛋白质 40% )

青虾的配合饲料配方一般是按照青虾的食性及罗氏沼虾饲料配方配合而成,其养殖效果良好。但对青虾的营养需求还要进一步研究。罗氏沼虾消化道内有纤维素酶,可较好地利用纤维素。研究表明成虾饲料中含 15% ~ 25% 的纤维素,既有利于罗氏沼虾生长,又可降低成本。青虾是否也是这样,须试验,但野生状态下,青虾胃内大部分为植物性饵料,从这点来分析,估计与罗氏沼虾相似。

## (五)配合饲料的生产设备与配制技术

我国水产饲料工业发展很快,对渔用饲料要求越来越高,加工工艺也越来越专业化。

### 1. 水产动物配合饲料加工的主要设备

#### (1) 清理筛选与磁选机

在饲料中常混有杂物,会妨碍设备运行,有些杂物也会危

害水产动物。因此要进行清理筛选。主要设备有:

①振动式清理筛:振动筛由进料机、筛体、吸风附尘机构、传动及清理机构五部分组成。

②圆筒初清筛:由清理刷、传动机构、机架及吸风口组成。

③永磁滚筒:主要为清除饲料中的铁器而设计的。

## (2)粉碎设备

国内外饲料工业使用各类型粉碎设备,其中最多的是锤片粉碎机、爪式粉碎机、辊式粉碎机和其他特种粉碎机。

## (3)配料计量设备

配料计量设备是饲料厂的关键设备,应具准确性、稳定性。按工作原理可分为容积式和重量式;按计量过程可分为连续式和分批式。鱼、虾饲料厂多采用重量式分批称重计量设备。一般包括给料机和配料秤两大部分。

## (4)饲料混合设备

混合机是生产配合饲料的关键设备。混合机的生产率是决定工厂生产规模的关键。混合机种类很多,主要有卧式和立式两种。

## (5)制粒设备

目前颗粒加工机械主要有软颗粒压制机、硬颗粒压制机和浮性颗粒膨化机。

## (6)配套设备

①冷却器:颗粒饲料冷却器有立式和卧式两类,主要用于硬颗粒饲料、压片饲料的冷却、干燥,以利贮存和运输。

②碎粒机:制造小颗粒饲料时,为节约电力,通常用对辊式碎粒机,将经过冷却的颗粒破碎成许多大小不等的颗粒或

粗屑。对小鱼、幼虾来说,粗屑的营养组分和物理特性比粉料更合适,且制作方法比专门制作小颗粒容易得多。

③颗粒分级筛:把不合格的颗粒筛出,重新制粒。

④油脂喷涂设备:为在饲料中添加更多油脂,用喷涂机将油直接喷涂在颗粒中。

⑤膨化机:膨化饲料可促进水产动物对饲料的消化吸收,提高饲料转化率。

此外还有喂料机、粉状定量自动秤、打包缝口机、分配盘等设备。

## 2. 配合饲料配制的主要工序

主要工序有:原料清理、粉碎、配料、混合、制粒、冷却干燥、破碎、筛分、饲料包装和贮藏。

## 3. 饲料的加工工艺

加工水产动物配合饲料,对加工条件的要求比加工畜、禽饲料的要高,这是因为:

①饲料投入水体后应具备良好的水中稳定性,不会很快溃散、溶解和流失,这不仅可保证饲料利用率,而且可防止对水质的污染。

②水产动物消化道较短,消化能力低,原料粉碎细度直接影响其消化率,所以原料粉碎的粒度要细,以便食用后容易消化吸收。

③不同生活习性的水产动物,在不同生长阶段,要求饲料的形态不同。因此在加工生产中要选用合适的加工机械,采

用合理的加工工艺,以保证饲料质量。

水产饲料的加工步骤主要包括:原料接收、输送、清理、贮存、粉碎、配料、混合制粒和成品包装(或散料发放出厂)等。适合于作鱼、虾、蟹苗苗种开口饲料的微粒饲料加工工艺较复杂,加工条件要求高。微粒饲料是将原料微粉碎,然后按配方要求进行配料,充分混合均匀后添放稀释的黏合剂,充分搅拌,使之均匀,经固化、干燥、微粉化而制成。这种加工方法利用黏合剂保型,保持在水中的稳定性。

## 五、虾、蟹养殖的投饲技术

### (一)投饲技术的重要性

饲料配方的效益最终要反映在养殖的效果上,即虾、蟹的生长速度、饲料的转换效率、饲料系数及产量等。有时一种好的科学配方不一定就能获得预期的养殖效果,甚至比投喂单一饲料的效果还差,究其原因,可涉及许多方面,其中最主要的原因可能是不重视或没能正确掌握投饲技术。

在池塘养殖中使用配合饲料时,尤其应该注意投饲的技术和方法。由于池塘的生态因子复杂,加上虾、蟹又是变温动物,摄食强度随水温而变化,如果投饲不当、投饲量过少,便会使虾、蟹处于维持代谢的状态,互相残食,有时甚至减重;投饲过多,使虾、蟹过食,而过食往往是造成高死亡率的因素之一;而且过剩的饲料在水中溶散,恶化了水质,反过来又会影响虾、蟹的摄食和生长,甚至诱发病害。所以在虾、蟹营养与饲料研究中,还应注意投饲技术,只有投饲技术恰当,才能在虾、蟹养殖中取得好的结果。

首先根据虾、蟹不同的生长发育阶段确定投饲量。投饲量的确定涉及虾、蟹对饲料的摄食特性与方式,消化系统结构,体格大小、水温、溶氧、天然饵料的产生量,饲料质量、投饲方式及投饲次数等。由于因素十分复杂,只能在确定基本投

饲量的基础上,再考虑以上所列的各种因素。

## (二)投饲量的确定

虾、蟹每日的饲料用量,称为投饲率。投饲率可从以下几方面来确定

### 1. 从生长率和饲料系数确定投饲率

这是最为常用的方法。在确定的条件下,进行投饲率梯度与饲料系数关系的试验,饲料系数最低者即为最适投饲率。

### 2. 从虾、蟹类营养及代谢水平来确定投饲率

可利用如下公式作参考:

$$\text{投饲率} = \frac{\text{每千克虾(蟹)对饲料蛋白质的需要克数}}{1\,000 \text{ 克} \times \text{饲料粗蛋白质率} \times \text{蛋白质消化率}}$$

### 3. 根据虾、蟹不同生长发育阶段确定投饲率

虾、蟹一般都要经过蜕壳才能发育和生长。这种蜕壳包括变态蜕壳、生长蜕壳、再生蜕壳及生殖蜕壳。所以具体投饲率又要根据其不同阶段的摄食要求、摄食方式及摄食生态而不同。为此,首先应了解其生长发育过程,不能生搬硬套一般的投饲率,进行不恰当的饲喂。

以青虾为例,在不同阶段,其摄食量、摄食方式是不同的。雌虾产卵前先行蜕壳,蜕壳后雄虾立即与之交配。交配后经 7~28 小时产卵,受精卵经 20~25 天孵出蚤状幼体。只要条

件具备,雌虾会再次蜕壳与雄虾交配,再次抱卵。蚤状幼体在水体中用附肢划动滤食浮游藻类和悬浮的颗粒食物。每 3 天左右蜕壳一次,约经 8~10 次脱壳,成后期幼体或仔虾,转向底栖,这时以捕食为主。成体虾觅食靠嗅觉和触觉,在水底爬行向饲料方向搜索,一旦探查到食料,即以螯足钳起,颚足抱持食物送进口,用大颚撕扯、切割及磨碎食物,小颚用于协助持住食物,咀嚼摄食。

在青虾交配季节,雄虾摄食强度较低,而交配期结束则又出现强烈的索食现象。青虾在蜕壳变态时有较长时间的摄食停顿。有经验的养殖者,有时可通过每天的摄食量来估计青虾批量蜕壳的周期。青虾一般在日落之后非常活跃,捕食明显多于白天,黄昏摄食量比白天明显多。

罗氏沼虾情况与青虾大体上相似。

河蟹一生要经过蚤状幼体、大眼幼体、幼蟹、成蟹几个阶段,蚤状幼体经 5 次蜕壳,逐步变态,第 6 次蜕壳变为大眼幼体;大眼幼体经蜕壳变态为Ⅰ期幼蟹。在性成熟之前经不断周期性蜕壳生长长大,最后一次蜕壳称成熟蜕壳,成为性腺成熟的蟹,这时便不能进行蜕壳生长了。性成熟之前,能不断蜕壳生长的蟹称为“黄蟹”;而性成熟之后,不能再进行蜕壳生长的蟹称“绿蟹”。蚤状幼体阶段,在海水中营浮游生活,到大眼幼体阶段,对淡水很敏感,能逐渐适应淡水生活,有集群溯水趋光的习性,在水中逐渐兼有爬行和游动的本领,到幼蟹之后便能进行底栖生活,Ⅲ期幼蟹后便能打洞穴居,完全进行底栖生活了。

从虾、蟹生长发育不同阶段看,其初期都有浮游生活阶

段,刚孵出后的几天内,由于上池施肥,培育出大量浮游藻类、轮虫等基础饵料较丰富,可暂不喂饲。当原水域中,这些天然饵料量降低后,便必须进行人工投喂。这时应注意:

①使每次投喂在水体中的食物形成一定的密度。因为这时蚤状幼体并不会主动“追食”,而是被动“滤食”,如果饲料在水体中没有达到适当密度,幼体便会摄食不足。

②投饲要均匀,饲料要达到一定细度,使之适口。因为该阶段幼体在水体中到处浮游,必须全池泼洒让其均匀地获得食料。

③做到少量多次。由于该阶段幼体小,每次摄食量有限,所以不要投饲过量。然而该阶段蜕壳次数多,生长迅速,代谢率高,必须获得充足的饲料、氧气等。要做到少量多次,既喂足,又不过量。

当虾、蟹变态生长到达底栖生活时,投喂注意:

①在池周均匀投喂,以“笃滩”投喂为主。白天投喂范围稍向池中,黄昏则靠近池岸处投喂,黄昏时,位于池塘西岸投量稍多些。白天投饲量为日投量的 30% 左右,傍晚则占日投量的 70% 左右,因为虾、蟹在较暗光照下摄食强度较大,这样安排能使虾、蟹充分摄食,节约饲料。

②观察虾蟹生长情况,在蜕壳阶段等生理性滞食阶段适当减少投喂量。

③池周均匀设置供观察的饵料台,将饵料台设在养殖蟹、虾“食场”区(池周一定范围浅滩是虾、蟹习惯摄食区),以方便观察虾、蟹摄食情况,随时调正投喂量。一般在 4~6 小时内吃完或稍有剩余为投喂量适当。如果很快吃完或第二天还有



较多剩余,说明投喂量不足或过量。

一般在蚤状幼体时期每天投喂 4~6 次,到变成底栖后,幼体时期每天 3~4 次,成体阶段则每天 2 次。

虾、蟹投饲率还取决于放养规格和放养量,水质和饲料质量。另外还取决于池塘中因清整施肥后产生基础饵料的欠丰,以及之后的追肥效果等。因此,真正的投饲率,应根据当时,当地的养殖经验来掌握。对淡水虾来说,放养密度为 5 尾/米<sup>2</sup> 的池塘,若初期配合饲料投饲率为 6.25 千克/公顷·天则已超量。如果用追施肥料的方法,可减少投喂量,但要保持水中浮游生物的密度,使水体透明度 30~40 厘米。对一般的池塘可用加水、控制施肥、投饵等方法来控制浮游生物的密度,流水养虾池可通过改变水流速度来控制。之后随着虾体的生长,应逐渐增加投饲率,收获前的日投饲率最高。例如在分级式养殖到 6~8 个月以后,日投饲率可提高到 37.5 千克/公顷,最终产量为 1 250 千克/公顷;连续式养殖的日投饲率为 45 千克/公顷,产量为 3 000 千克/公顷;如日投饲率为 14~21 千克/公顷,产量可达 2500 千克/公顷。

对初养者来说要学会通过巡塘观察决定投饲率。通常虾、蟹放养后不久,因池塘中看不到虾蟹行踪,有人便会怀疑投放下去的苗种是否还有活、担心花钱购买来的饲料白白浪费,从而会减少投饲量,甚至停止投喂,2 个月后发现幼虾,再赶紧重新投饲,这样便会失去增加成活率的大好时机,严重影响产量。应懂得在不同生长阶段,虾、蟹生长率有很大差别,有时长得快,有时则不见长,这些都是虾、蟹类生长的特点。可在夜晚用手电筒在池周检查,有意设几个食台,经常观

察。

#### 4. 投饲量与池塘生态的关系

每日投饲量除了与养殖对象本身的因素相关之外,还与池塘生态环境变化有关。日常生产中投量的安排与掌握应随池塘生态环境变化而变化。池塘生态与投饲量的关系十分密切,其中关系最为密切的是水温和水中的溶氧。

##### (1) 水温与投饲量

虾、蟹代谢与水温有很大的相关性,在一定的水温范围内,虾、蟹的能量代谢率随水温升高而增大。但到一定水平后,代谢率又趋下降。一般虾、蟹养殖水温不能超过 30℃。因此,在掌握了基本的投饲率之后,日投喂量的多少,必须考虑水温情况,加以增减。

##### (2) 水体溶氧量与投饲量

实践证明,在恶劣的水质条件下,即使是最好的饲料,虾、蟹也不会很好地摄食。水质恶劣的最明显指标是水中溶氧量下降。如青虾在水中溶氧 5 毫克/升以上时摄食旺盛,2.5 毫克/升时则停止摄食,如果溶氧量再下降,不仅不摄食还会发生浮头死亡。河蟹在水中溶氧降低、天气闷热时便会停止摄食,上岸爬行。

##### (3) 水体中水生动植物含量与投饲量

养殖虾、蟹的池塘中通常培育有一定量的水草。另外还会放养一些基础生物饵料产物如螺蛳等。经过施肥、投饵,水体中也会繁殖一定数量的水生动物、浮游生物等。养殖水域还会产生许多有机碎屑,这些都是虾、蟹可利用的天然饵料。

这些天然饵料中有的可进行繁殖、增殖。若这些天然饵料丰富,虾、蟹生长发育良好,可少投,甚至不投人工饲料。

## 六、虾、蟹病害防治

在人工养殖虾、蟹时,病害防治便显得十分重要,否则一旦病害严重发生,不仅增加治疗投资,还可能使养殖生产初期的一切投入落空。

在人工养殖条件下,放养的苗种缺乏在自然环境条件下的生存淘汰过程;投喂的饲料,尤其是人工配合饲料,与虾、蟹所需的营养成分也不会十分吻合;在同一生态条件下,同一品种生存密度比天然环境下要高得多;许多生态环境都被人为控制,做到完全满足其生长发育需要,便显得十分困难,加上养殖环境各因素间的关系又十分复杂。所以进行虾、蟹人工养殖过程中产生部分死亡也是正常的。但是要避免大量死亡,尤其要预防发生暴发性病害、传染性病害,这就要尽可能了解虾、蟹生理、生态等方面的要求,尽量满足虾、蟹在人工养殖条件下生长发育的需要,以求在养殖周期内获取最大利润。

虾、蟹生理生态特点及营养需求,在前文已经叙述,以下主要叙述病害的发生、预防和治疗。

### (一)病害发生的原因

虾、蟹病害发生与否,主要是由环境条件,病原体及虾、蟹的易感性与抗病力等因素所决定的,这三者是一个平衡关系。病原体到处存在,是否引起疾病发生是由其数量、致病力及

虾、蟹易感性和抗病力高低所决定的。病原体也是生物,其生存也需要有一定的环境条件,如果环境条件不适合病原体增殖,使其达不到病害发生所具备的数量,虾、蟹也不致于生病。另外,即使病原体数量增加了,而虾、蟹抵抗力强也不致于发病。总之,病害发生是由于环境不适合于虾、蟹生存,使其抵抗力下降或环境条件有利于病原体繁衍的缘故。

## 1. 环境因素

虾、蟹病害发生的环境因素包括自然条件、人为因素和生物因素。

### (1) 自然条件

①水温: 虾、蟹体温是随着生活中水体温度变化而变化的,水温急剧变化,虾、蟹不易适应,便会发生病理变化,抵抗力下降,乃至死亡。一般苗种阶段要求养殖水体温度与原来温度相差不超过  $2^{\circ}\text{C}$ ,蟹种不超过  $4^{\circ}\text{C}$ 。蟹苗(大眼幼体)适宜温度  $15\sim 30^{\circ}\text{C}$ ,最适温度是  $(25\pm 3.5)^{\circ}\text{C}$ ,如果温度下降到  $12^{\circ}\text{C}$  以下,便可能“冻死”。降温骤变适应范围是  $(5.37\pm 0.85)^{\circ}\text{C}$ ;升温骤变适应范围是  $(3.15\pm 0.75)^{\circ}\text{C}$ 。如果生产操作过程中温差相差太大,就会引起虾、蟹苗种大量死亡。例如用干湿法运输蟹苗的过程中,如果不注意温度变化,有时在路上便会发生大量死亡,即使运到目的地的蟹苗尚存活,由于温差伤害,放养到水体中成活率也会大受影响。在成蟹养殖过程中,水体温度不宜超过  $30^{\circ}\text{C}$ 。一方面水温过高,使蟹体新陈代谢紊乱、摄食量下降、抵抗力减弱;另一方面各种病原体在合适温度水体中也将大量繁殖,导致病害发生。

②水质:较好的水质环境有利于虾、蟹摄食、发育和生长。水质包括水体的酸碱度( $\text{pH}$ 值)、溶氧、有机质耗氧量、肥度与透明度等。虽然虾、蟹对养殖水体的酸碱度有较大的适应范围,但以中性偏微碱为宜。如果 $\text{pH}$ 值低于5或高于9,轻者影响虾、蟹蜕壳生长,严重时发生死亡。养殖水体中的溶氧量高低,对虾、蟹生存和生长都有直接影响。在池塘中,鱼类还未“浮头”时,青虾首先感知缺氧,所以往往青虾的生态行为可作为池塘是否缺氧的指标。缺氧严重时会发生青虾大量跳滩死亡。对河蟹而言,虽然缺氧情况下,有时不至于引起死亡,但会明显影响其摄食生长。另外水体中一些离子的缺失,污染废水中有害物质的存在,都会影响虾、蟹蜕壳生长,甚至发病死亡。

③底质:养殖水体的底质是指水接触的土壤和淤泥层。在淤泥中,含有大量的营养物质,如有机物、氮、磷、钾等,通过细菌分解和离子交换作用,可不断地溶解和释放在水中,为饵料生物的繁衍生长提供养分。所以淤泥具有供肥、保肥和调节水质的作用,保持适量的淤泥层是必要的。然而淤泥堆积过多时,有机物耗氧量过大,夏秋季节容易使底层缺氧,还会使水质变酸,底部积聚大量有害物质,这对虾、蟹这类底栖动物的生存极为不利。同时,淤泥也是病原微生物良好的培养场所,甚至可促进病菌毒力增强。所以淤泥堆积越多,病害发生的可能性越大。生产实践已证明,干塘清淤,晒塘消毒,可大大降低病害发生。在虾、蟹养殖中,培育水生植物,也能起到改良水质、底质的作用。水生植物不仅可满足虾、蟹生态要求,而且是其必需的饵料,同时又吸收掉水体及底质中的有机

营养。所以养好水草是养好虾、蟹的重要前提条件。

## (2) 人为因素

①放养密度和养殖结构 每一种水产动物所需的营养和生态位是一定的,一种水产动物的个体之间不仅存在着空间竞争,还存在着食物竞争,因此同种水产动物密度过大不利于健康养殖,而且由于密集在同一生态位,就会大大地加速疾病在个体之间的传播速度。某些人为了增加产量,盲目加大放养密度,结果不仅没有达到目的,反而造成了很大的经济损失,这是因为密度过大,个体间竞争激烈,导致生长缓慢、体格消瘦、抗病力降低,容易感染各种疾病,疾病的传播速度也加快,往往造成大量死亡。所以,必须进行科学地、有限制地密养。科学地密养是指其密度必须根据鱼池水深、水源、水质、饵料供应和人工管理水平来确定养殖密度,而不能按人的主观需要来决定。另外还可与互利的其他水产动物合理地混养或进行“轮养”“轮休”。同时应不断改进养殖方式,充分利用养殖水体,又不使相对密度过高。

②饲养管理 生产实践证明,以往制定的“四消”“四定”的养殖操作规程对虾、蟹病害发生控制是有效的。但有的人急功近利,使有机肥料(淤泥)利用率下降,劳动力成本提高,而促使病害发生。

## ③机械损伤

运输、捕捉、加水等操作不慎可造成机械损伤,使之易于感染细菌、水霉菌、纤毛虫等。

## (3) 生物因素

引起虾蟹病害发生的生物因素有:病毒细菌、真菌、藻类、

原生动物、吸虫、线虫、甲壳动物等。此外,还有虾、蟹类的敌害生物如鼠、鸟、水蛇、蛙类、凶猛鱼类、水生昆虫、青泥苔、水网藻等。

## 2. 病原体

我国淡水养殖鱼类的疾病有 100 多种,加上虾、蛙、鳖及海水养殖品种病害,种类就更多了,其中许多与虾、蟹病害发生有直接和间接的关系。其病原体有病毒、细菌、真菌、藻类、原生动物、吸虫、线虫、棘头虫、绦虫、蛭类、钩介幼虫、甲壳动物等,其中有些经常使水产动物生病,形成常见病、多发病。

如果在养殖水域中无病原体或是将其控制在不足危害的程度以下,水产动物病害就不会发生。病原体属寄生生物,须在宿主体内繁衍,在外界环境中不能长期生存,传染源是一时尚未发病的携带病原个体和发病个体,前者更隐蔽,因而更易传播,有些病原体传染源是其他动物和器具,甚至是人、饲料等。

病原体到水中,随水流进入非病区水域,原来具有病原体的水域就成为疫源地。

病原体传染力的大小与病原体在宿主体内繁衍及从宿主体内排出的数量密切相关。在适宜病原体生长繁衍的环境中,其传染力是很强的;如果用药物或生态学方法进行抑制,便能使传染力降低或病原体数量减少以致消失,在这种不利于寄生生物生长繁衍的环境内,虾、蟹鱼病的发生机会就少。

病原体致病力指其侵入水生动物后引起病害发生的能力。致病与否取决于病原体的数量,也就是说,只有当水体中



病原体密度达到某一指标时,才会致病,此外还和环境有关。致病菌毒力有强弱之分。水产动物体内病原体数量越多,病状越严重。切断传染源,用药物、生态等方法将其控制在不足以危害的程度以下,可减少病害发生。

### 3. 水产动物的易感性和抗病力

病原体进入水体后,缺少易感的水产动物,疾病仍然不会发生,所以易感的和抗病力差的水产动物的存在是疾病发生的必要条件。

虾、蟹必需营养物质的缺少或各营养物质如氨基酸等的供给不平衡都会引起营养性疾病,或生长不良,抵抗力下降,甚至发生死亡。

已知虾、蟹发病的原因,控制和改善其生态条件,提供全面和平衡的营养,增强虾、蟹机体的抵抗力,是防治其疾病发生的关键。

## (二)病害的诊断

正确诊断虾、蟹及其他水产动物疾病,是实施防治措施的重要前提。只有通过现场调查,详细检查患病虾、蟹,才能做到准确诊断,对症采取措施,为进一步落实防病养殖提供有效方法。

### 1. 现场调查

现场调查的内容包括:苗种来源,放养及养殖管理情况;

养殖环境及病史调查,水质、底质情况;生长情况,药物防治情况等。

疾病发生过程有急性和慢性之分。急性疾病的个体在体色和体质上与正常的差别不大,但仔细观察,病变部位稍有变化。一旦出现死亡,会在短期内出现死亡高峰。慢性型疾病则表现为体色发生变化,体质瘦弱,离群,活动缓慢,死亡率缓步上升,在较长时间内出现死亡高峰,有的则不出现死亡高峰,只是在长时间内死亡个体不断出现。

通过现场调查要了解死亡增高的原因是否是因为运输苗种过程中,苗种长期堆集,运输时间过长,上、下搬运,放养时下水温差过大而产生的。在冲换新水时,水流过急也会造成虾、蟹肢体脱落。此外,底质恶化、水质恶化;pH 值太高、太低;换水温差过大;施肥、喂饵过量;饲料、肥料中带进有毒物质;饲料营养缺损、水体缺氧以及水体被污染等也会引起死亡。

## 2. 病虾、蟹的检查

检查内容包括外部症状检查、内部症状检查,病原体鉴定及组织病理学检查。

首先应取样正确,要具有一定的数量,症状要有代表性。然后观察病体虾、蟹行为,行动情况,包括在水中及离水后的情况。再检查体表是否有附着物,附着物的颜色、形态等情况。检查体表的颜色,斑块,是否有损伤,穿孔等情况。以上各情况可帮助鉴定是否有体外寄生物,霉菌等侵害。

鳃部的检查重点是鳃丝,看鳃丝颜色,如“叹气”病往往鳃

丝发黑。鳃丝是否有肿大腐烂现象,颜色发白还是发黄,是否有寄生、附着物存在,必要时可用解剖镜观察。

河蟹还需看其肢爪完整情况、雌、雄蟹性成熟情况,内脏器官如性腺、肝脏、胃肠等。检查消化道食物有无及消化情况,色泽等都可帮助判断病害原因。虾也要作鳃、尾部等检查。

### 3. 病原体的鉴定

可借助解剖镜、光学显微镜对病虾、蟹作更深入的病原、病理检查。一些比较明显而病情又较单一的虾、蟹疾病,凭目检就可准确诊断,而许多情况要进行镜检才能确诊。有的则要更进一步采用电镜检查;组织、细胞培养等才能确定病原体。

镜检一般依据目检时所确定的病变部位有选择地进行。检查的部位和顺序与目检相同。

检查方法是:从病变部位取少量组织或附着物置于载玻片上,鳃的组织或体表附着物可加上少量的普通自来水。内脏组织应加少量生理盐水(0.85%食盐水),然后加盖玻片,并稍加压平置于光学显微镜下观察。为准确起见,每个病变部位至少检查三个不同点。

当同一养殖水体,有两种以上病体出现时,就需对各种病原体及其感染强度,对虾、蟹危害程度进行比较分析,以便确定主要和次要的病原体,以便制定治疗措施和进一步的管理措施。根据所用药物的性能和病体忍受能力,在杀灭主要病原体的同时,对次要病原体采取治疗或分别隔离治疗措施。

在整个诊断过程中,应将调查到的第一手资料,结合各种病害流行季节,不同阶段发病规律,进行综合分析比较,有助于找出病因,准确诊断,确定治疗方案,对症下药。在整个诊断、治疗过程中所获得的数据、资料、分析结果都要记录,及时总结,积累经验。

### (三)健康养殖及病害预防

虾、蟹病害防治应以预防为主。从长远观点看,即使对病害治疗,目前也是逐步地从化学药物防治转向生态防治、生物和免疫防治,以提高水产动物机体抗病免疫力为主,选育抗病品种。这是为了保护环境,避免水域污染和水产品药物积聚,为了人类食品安全和人类健康。

虾、蟹一旦发生病害,治疗是十分困难的,这是因为

①水产动物属冷血动物,染病后的潜伏期很长,一旦病害发生,被养殖者觉察时,往往已较严重。

②虾、蟹发生疾病后,往往停食不吃,治疗药物难以被引入体内,发挥不了药效。

③在一个水体中发生病害,健康个体与发病个体难以隔离,进行治疗时,所施剂量的药物往往对健康个体生长不利。

④目前针对虾、蟹病害的专一特效治疗药物很少,在大水体中,尤其是网围等敞开水体,无法用药物治疗。

⑤养殖水体是一个复杂的生态环境,一旦使用抗生素、消毒药品等,同时也将有益菌群、藻类一并杀灭,使原来就很不稳定的生态系统中有利的生态环节显得更脆弱,往往会发生

更严重的病害。

⑥有些药物对水域环境会造成污染、毒物积累,影响人的生存环境。所以虾、蟹养殖中的最有效的病害防治是进行健康养殖、生态防治。

## 1. 改良养殖水域环境

通过改良使养殖虾、蟹的水域环境有利于增强虾、蟹体质,促进虾、蟹生长;有利于有益生物群的繁衍而抑制病原体的生长繁衍。主要措施有:进行水域环境的清整,培育虾、蟹基础饵料以及布局良好的,适于虾蟹生活的环境。

### (1) 池塘修整

养殖水域,特别是池塘,经过一段时间养殖后,淤泥逐渐堆积,如果淤泥过多,不仅影响容水量,而且在养殖过程中会释放有毒物质,恶化水体,滋生和繁衍病原微生物。虾、蟹和鱼类不同,是进行底栖和攀附生活的,与底质好坏关系更密切,底质有机物过多,会使底层水中溶氧低,对虾蟹生存非常不利。清淤的方法通常有人力挑挖或机械清排。一般宜安排在冬季收获之后进行。先排干池水,然后除淤泥,注意清出的淤泥不可用来筑埂,以免雨后冲进池塘二重污染。清淤后的塘底经冻后土质变松,再经太阳暴晒,不仅有利杀灭病原体和敌害生物,而且使底质养分容易释放、有利于饵料生物的生长繁衍,在池塘清整时往往可看到,最初干塘淤泥漆黑发臭,经与空气直接接触太阳晒后逐渐发黄,这就是淤泥的“活化”过程。

### (2) 清塘消毒

各类养殖水体生存有各种其他生物,包括微生物、敌害生物等,有的是虾、蟹的病原体,有的是病原体的传播媒介,所以要用药物消毒、清除。常用的药物有生石灰、漂白粉、二氯异氰脲酸钠、茶粕、鱼藤制剂等。

生石灰清塘是公认的很有效的消毒方法,有干法和带水法两种。干法清塘时,对于冻晒过后塘底裂细缝的塘或塘中尚留 5~10 厘米水的塘,每市用量 60~75 千克,首先在池中散挖多个小坑,将生石灰分别倒入小坑中化灰,趁热向全池泼洒,应洒遍全池包括塘滩堤埂脚。若是老塘改良,最好清淤、泼洒生石灰浆后再将塘底翻耕一次。为了提高清塘效果,第二天可用泥耙在塘底推耙一遍,使石灰浆与塘泥充分混合。清塘的生石灰必须是新烧块灰,如果用吸湿变粉状的石灰,清塘效果就很差。如果塘水不能抽干,可用带水清塘法进行。生石灰用量为每市、每米水深 150 千克,先将生石灰溶于水,兑水后全池泼洒;或将生石灰盛在箩筐中,悬于船后,沉入水中,划动小船,在池中来回缓行,使石灰溶浆散入水中。生石灰一次用完,效果较好。生石灰清塘不仅能杀死池中病原体及其他敌害生物,还可澄清池水,使悬浮的胶状有机物等胶体沉淀,使池泥矿化,释放出被淤泥吸附着的氮、磷、钾等元素,使水变肥。此外,生石灰遇水变成氢氧化钙后,吸收二氧化碳沉淀为碳酸钙,碳酸钙能使淤泥成疏松结构,从而改善池底的通气条件,有利于细菌对底质中有机物的分解。碳酸钙能缓冲水体 pH 值,有利虾、蟹生活,提高水体钙含量,有助于虾、蟹蜕壳生长。施用石灰也起到了直接施肥的作用。

漂白粉一般含有效氯 30% 左右,水解过程中产生新生态

氧,具有强烈杀菌和杀死敌害生物的作用,其效果与生石灰相当,但生石灰具有改良水质及使水体变肥的作用,而漂白粉则没有这些作用。如果水深平均 10 厘米,每亩用量 5~10 千克,使水中浓度达到 20 毫克/升。漂白粉施用后一般 4~5 天后药效消失,适于急用。但漂白粉易吸湿分解失效,所以要注意生产日期。用前拆封,加水溶解后立即使用,现配现用;勿用金属器皿装盛,使用前最好先测定其含氯量后再推算实际用量,操作人员应戴口罩,在上风处泼洒,避免沾上衣服。目前市场上有优氯净(二氯异氰脲酸钠)含有效氯 60%;三氯异氰脲酸钠,含有效氯 80%;漂粉精,含有效氯 60%~65%。这些含氯消毒剂用法与漂白粉相同。通常在清塘时,使池中漂白粉的浓度达到 20 毫克/升,即有效氯 6 毫克/升,其他几种含氯消毒剂可按照各自有效氯含量准确换算使用。使用含氯消毒剂的一个共同特点是,当水中或池底有机物含量高时,即污染严重时,必须加大用量。

茶粕也称茶饼,是茶科植物油菜种子榨过油之后剩下的饼块或饼渣,其中含皂角甙 10%~15%,属溶血性毒素,能使动物红血球分解,用以杀死虾、蟹的敌害生物如野杂鱼、蛙卵、蝌蚪、螺蛳、蚂蟥及部分水生昆虫。茶粕对鱼类、水生动物致死浓度为 10 毫克/升,对细菌无杀灭作用,有助于绿藻的繁殖。在一定浓度下,皂角甙可达到不伤害虾和某些饵料生物却能杀死害鱼的目的,所以皂角甙不仅可在放养虾、蟹前用于清池,而且可用在放养后的池中,杀死害鱼,用来“杀鱼保虾”。皂角甙随水中盐度增高而作用减弱。但应注意,茶籽饼对贝类毒性较大,放养珍珠蚌的池中不宜使用。近年来国内已有

皂角甙提纯产品，使用方便、用量可准确掌握。用茶粕清塘前，预先将其捣碎放入缸中用水浸泡数小时后，连渣带水均匀泼洒；也可将粉碎的茶粕直接撒入池中。用量为：平均水深 15 厘米的池塘每亩 10~12 千克，药性可维持 5~7 天。

鱼藤制剂是从豆科植物毒鱼藤及毛鱼藤根中提取出来的物质，其中的有效成分是鱼藤酮，其作用原理与皂角甙相似，中毒的鱼鳃肿胀、充血缺氧而亡，鱼藤制剂广泛用于鱼、虾、蟹养殖清池。由于虾、蟹对鱼藤制剂的耐受力比鱼强 20 倍，可用于选择性杀鱼留虾的虾池，作为除害鱼的药物。一般使用鲜鱼藤根或干的根。鱼藤粉，含鱼藤酮 4%~5%。鱼藤酮乳剂商品制剂使用方便，清塘使用时使水中浓度达 5~10 毫克/升，用后 7~8 天放苗。

氨水清塘能提高池水的 pH 值，且非离子氨( $\text{NH}_3$ )具有较强的穿透细胞膜的能力，可进入细胞杀死生物。所以应用氨水清塘具有除害和肥塘双重作用。当然，过肥的池塘便不适宜用氨水清塘。清塘时一般每亩用 20 千克左右氨水全池泼洒。

清整后的池塘进水必须先经过滤，一般可用 40 目和 60 目双层网片分别围成弧状过滤层，过滤框架可用竹篱制成。弧状凸而对着水流方向。

## 2. 基础饵料培育

在培育青虾幼苗、放养罗氏沼虾苗和蟹苗之前，都须在养殖水域中预先培育幼体适口活饵料，例如单细胞藻类、轮虫、枝角类等。这些活饵料为这些幼体所喜食，不会污染水质，在



水体中分散性好。比人工制作的饵料(如豆浆、蛋黄、蛋羹、鱼粉等)优越。经试验,用同一批蟹苗,采用同一密度、同一水质,用不同饵料投喂蟹苗时,以活水蚤作饵料成活率最高(见表 17)。

表 17 不同饵料仔蟹成活率试验

饵料	活水蚤	鱼粉	大麦	虾皮干	动植物混合饵
蟹苗养成 Ⅲ期仔蟹成活率(%)	63	46.6	43.3	33.3	56.6

注:动植物混合饵料为水蚤 + 鱼肉糜 + 豆饼粉 + 小浮萍

浮游生物在繁殖生长时利用水体中的营养成分,有利于水质改良。这些浮游生物可以用施肥方式在养殖塘中培育,也可在配套塘中培育然后用浮游生物网捞出投喂。这种活饵料称为基础饵料。有了基础饵料,放养的幼苗一下水便能摄食到适口又有营养的饵料。

关于施肥的方法和投饵的时间,荣长宽等(1994)根据对虾养殖经验,提出了在虾池培养基础生物饵料的方法。该项试验是:施肥培育基础饵料,5月14日以225~300万尾/公顷密度放养虾苗,进行中间培育,到6月5日,将长成2.5~3.0厘米的大规格虾苗分养到预先培养了生物饵料的养成池中。至6月22日,虾体已长成平均体长5.73厘米、体重2.25克,才开始人工投喂,当时虾的密度为18万尾/公顷。试验认为池塘中培育的天然饵料已完全能满足虾的早期生长需要,这样养殖既充分发挥了养殖池自身的生产力,保持了生态平衡,又推迟了池塘“老化”的时间,防止因早期投喂各种饲

料而引起虾池水质被过早污染,从而延缓了池底“黑化”进度,提高了虾的抗病能力,有利于虾池的后期管理。由于推迟了投饵,每公顷节约代用饲料 1 140 千克,降低饲料费用 900 元。正确掌握虾池施肥种类、方法和时间是非常重要的。传统施肥方法是不管池水肥瘦,一律先施部分基肥,然后再根据水色追肥。而事实上不施基肥效果更好。因为虾池当时底层水温较低,所施基肥分解缓慢,且分解后的营养物质在水层中参与物质循环的速度也较缓慢,因而基肥的肥效迟。当对虾长到 5~6 厘米时,已人工投喂,部分堆积在池底的肥料,既影响肥料利用率,又降低物质循环的速率,造成池底过早污染。改进方法是:预先不施基肥,如果水质过瘦,需尽快把生物饵料培养起来,可提前进水,将发酵好的有机粪肥粉碎、过筛,加水混合成粪水浆,再全池泼洒,防止施肥不均。使用速效无机肥,要加水溶解后全池均匀泼洒,以减少肥料分解时的耗氧,防止过多肥料颗粒沉入池底与底泥结合成胶体物质。施肥选择晴天下午 2 点左右进行,此时浮游植物光合作用最强,水中溶解氧处在饱和与过饱和状态,能使肥效发挥快、效果好。为保持池水中的浮游生物量,应采用勤施少施的方法,不等到水色变浅就及时追肥,使水色始终保持黄褐色或黄绿色,使水质肥而爽,池内生物量始终保持高峰状态。根据养殖对象不同的生长阶段,来确定施肥投饵量,是降低成本、增加产量、减少污染的有效方法。

### 3. 布局水生植物

虾、蟹养殖水域必须较宽广。根据虾蟹的生态特点,应有

较大的浅滩,但水的体积过小,缓冲性能弱,水质、水温易变;为了解决这个矛盾,在池塘养殖中往往布置深水区,也就是在池塘四周浅滩边或池中开挖较深的环沟、中央沟、暂养塘等,一方面增加了水体;另一方面又便于最后收集虾、蟹。在池中还可布置蟹岛,水下虾台,使整个养殖水体攀附空间较大,浅滩部位增多。在生产中,丰富的水草是虾、蟹养殖中必不可少的。所以虾、蟹养殖水域必须布局水生植物,这是因为:

①蟹、虾类生物有自己的生态要求。虾、蟹类是底栖、攀附生活的动物,在养殖中扩大水域中的浅滩尚不足以满足其栖息需要,还需要在水体中设置供其攀附的空间,种养水草是解决虾、蟹栖息攀附的好方法。

②虾、蟹是一种喜弱光、怕强光,喜安静怕惊扰的动物。水草为其提供了一个荫蔽,安静的生活环境。

③水生植物能净化、改良水质,水生植物在进行光合作用,生长、繁殖时,要吸收底泥中和水体中的营养物质,增加水中溶氧,大量水草对水中悬浮颗粒也有吸附作用,因而净化了水质,有利虾蟹生长。

④水生植物可作为成蟹、成虾的天然饵料。生产实践证明,天然饵料的养殖效果比人工饵料的好,但利用天然饵料,难以定质、定量地进行规模化养殖,人工饵料中又往往缺乏维生素等活性物质。虾、蟹生长阶段需要摄食大量水生植物,尤其是成蟹养殖池中,水草往往供应不足。在水草中也含有虾、蟹蜕壳所需的物质。河蟹摄食水生植物,不仅可利用天然饵料,而且可充分发挥人工饵料的生产潜力。此外,水生植物大量生长,还能招引一批昆虫、小鱼、蠕虫等前来栖息,又为虾、

蟹提供了优质天然动物饵料。这样也节约了人工饵料,降低了饲料成本。

⑤水生植物为虾、蟹提供了蜕壳避害的场所。虾、蟹是通过周期性蜕壳来进行生长的。刚蜕壳的虾、蟹身体柔软不能爬动避害,所以蜕壳阶段的虾、蟹容易被敌害生物和其他同类残害,也容易因生态条件不良,缺乏隐蔽物而逃逸,影响回捕率。所以在养殖水域中布局大量水草后,就为虾、蟹提供了隐蔽、蜕壳、避害和栖居的良好场所。大量的水生植物将池塘水体分隔成无数小空间,也立体地利用了池塘水体,大大提高了虾、蟹的成活率和回捕率。尤其在大眼幼体人工培育仔蟹时,深水位影响仔蟹蜕壳,造成大量死亡。用同一批蟹苗,在同样水质、密度和饵料条件下进行不同水深试验,结果见表 18。

表 18 不同水深仔蟹成活率试验

栖息水深	5 厘米	10 厘米	30 厘米	40 厘米	80 厘米
蟹苗养至Ⅲ期仔蟹 成活率(%)	26.1	53.3	50	26.6	0

从表 18 可知,河蟹在仔蟹培育阶段最适的水层是 10~30 厘米,水深 80 厘米以上时,仔蟹不蜕壳,全部死亡。但在生产上,池塘水位太浅,水温、水质容易突变,不利于仔蟹生长。为了稳定水质,仔蟹培育池的平均水深应保持 50~80 厘米,在池内种植水生植物(沉水植物和漂浮植物),可人为创造一个浅水环境,以便仔蟹栖息、生长和蜕壳。

⑥水生植物给虾、蟹提供遮荫避暑的场所。虾、蟹在一定

水温范围内随水温升高而摄食量提高,生长加快。生产实践中,在酷暑盛夏季节、缺乏水草的池塘中,虾、蟹摄食量反而下降。说明水温过高会影响虾、蟹的摄食生长。一般来说池水温度不宜超过  $30^{\circ}\text{C}$ , 养殖水体中丰富的水草有遮荫降温作用,有利于虾、蟹摄食生长。

⑦养殖水草有利提高虾、蟹品质。虾、蟹养殖水体中如无水生植物,虾、蟹便主要生活在池底淤泥之中,并以淤泥中的腐殖质为主食,使得虾、蟹甲壳、步足呈黑色,腹部具黑褐色水锈,肉质也较松散,口味较差,影响价格。如果池塘中水生植物丰富,虾、蟹则主要在水生植物丛中生活,并以水生植物为主食,这样产出的虾、蟹、甲壳便呈青绿色,腹部白色,肌肉硬结,其品质与湖泊养殖的虾、蟹相近,价格高。

⑧池周种植水草、建立水草带,具有消浪护坡作用,防止池埂坍塌。池塘种植大批水生植物,分隔了水体,防止池水风浪过大,保护了池坡。

⑨水生植物可综合利用,提高池塘经济效益。许多水生经济作物,如水稻、茭白、菱、水蕹菜等可供人类食用,过多的水草也可采取,是草食性鱼类、畜禽类的良好饲料。

## 4. 水质管理

### (1) 虾、蟹育苗过程中的水质管理

苗种质量的优劣在虾、蟹养殖中起到至关重要的作用,为了提高苗种成活率,得到高质量的苗种,除了选择具有优良性状的亲本以外,育苗过程中水质的科学管理也起着重要的作用,只有在良好的水环境条件下培育出的苗种,才能保证其体

格健壮、对病害具有较强的免疫能力,为成品养殖打下良好的基础。

①水源选择和科学处理:建立虾、蟹育苗场,应对拟建场地全面考虑。除了水、电、道路、土质等条件外,应确认周围没有易造成水源污染的污染源,同时重点送检育苗水源的水质。化验项目根据现场考察情况而定,一般监测项目有 pH 值,悬浮物、硫化物、三态氮的含量,水的硬度,钙、镁、重金属含量等指标。

为确保育苗成功,对育苗用水须进行预处理。预处理方法主要有物理、化学、物理化学和生物处理方法,由于化学和物理化学处理方法需添加化学试剂,这对水质会产生一定影响。所以作为育苗水源处理主要采用物理处理法和生物处理方法相结合的方法。

在育苗场设计时,一般需设计建造蓄水池。蓄水池有两方面作用,一是可使一些大颗粒物质预先自然沉降,使水质得到初步净化;二是可在蓄水池中采用生物方法进行预处理,例如在蓄水池中种植沉水植物、浮水植物及丝状藻类,用以吸收富集水体中过多的营养物质及对育苗有害的污染物,确保育苗有高质量的水源。

进入育苗池前的水体还要进行进一步处理,一般采用机械过滤和有益微生物处理相结合的方法。过滤采用多层过滤法,自上而下按不同粒径和材料分层配置,有益微生物层设置在过滤池的中间。过滤池设计参照表 19。

表 19 过滤池结构组成

层次	粒径(毫米)	成 分	厚度(厘米)
1	4~8	卵石或砾石 + 有益微生物	20
2	2~4	沙 粒	20
3	1~2	沙粒 + 有益微生物	10
4	1~2	活性炭 + 有益微生物	10
5	2~4	沙粒	20
6	4~8	卵石或砾石	20

②育苗过程中的水质管理:育苗过程中,由于蜕壳生长较快,投饵次数多、代谢废物和残饵会使水质恶化,影响虾、蟹的生长和成活。为了了解水质的动态变化,及时调整水质状态,需要对水质中相关因子进行监测,监测的主要内容有 pH 值、溶解氧、温度、盐度、透明度、氨氮、亚硝酸盐氮、硫化物及其他对虾蟹幼体有害的物质。根据监测结果及时采取有效措施,提高育苗的成活率和苗种体质。

育苗期间控制水质的办法一般有两种,即换水和采用生物处理。我国是缺水国家,应考虑育苗用水的净化处理和循环使用。在生物处理方面,可用生物膜和微生物制剂来降解育苗水中的过剩营养及有害物质。生物膜是由一些多空隙,表面积大的材料与附在其上的有益微生物组成的,称为生物球,将一定数量的生物球放在育苗池中,净化水体。另外一种向育苗池中投放能净化水质的微生物制剂,如光合细菌、硝化细菌及一些复合微生物制剂等。但目前市场上的这些产品并非针对水产养殖研制的,尽管它们对降解水体中的有害物

质具有一定效果。但其中也可能含有能导致水产养殖动物病害的微生物,所以使用时必须特别小心。

## (2) 虾、蟹养殖过程中的水质管理

虾、蟹养殖过程中的水质管理涉及到饲料投喂,养殖管理等,所以是一个系统工程,与许多问题,许多因素互相关联。可采用以下几方面来进行水质管理:

①利用水生植物调控和改善虾、蟹养殖水体的生态环境。在虾蟹养殖水体中种植一定比例的水草十分重要,通过水草的生长和繁殖来控制和改善虾、蟹养殖水体,为虾、蟹蜕壳提供隐蔽场所;给虾蟹提供天然饲料。

②利用有益微生物调制和改善虾、蟹养殖水体的生态环境。虾、蟹生存的水环境本身就是一个由多种微生物组成的动态平衡系统,在这个系统中有益菌和有害菌共存,若人为向养殖水体中添加有益细菌,能使有益细菌成为该水体的优势种群,抑制有害菌的生长繁殖,从而减少虾、蟹病害发生。同时,通过有益菌的新陈代谢,降解水体中的过剩营养物质以及其他对虾蟹有害的物质。目前最常用的就是光合细菌(PSB),它具有特殊的新陈代谢和化学组成,在水体中的物质循环和能量循环中起着重要作用。红螺菌科的光合细菌(球形红假单胞菌和沼泽红假单胞菌)无论是在有光照还是无光照、有氧还是无氧条件下都能通过其自身的新陈代谢,吸收和消耗水体中的大量有机物、氨氮、亚硝酸盐和硫化物等对养殖生物有害的物质,从而使水质得到净化。同类产品还有硝化细菌、放射菌、芽孢杆菌、双歧杆菌和酵母菌等。近几年开发出一种新型复合微生物制剂,在水产上应用,比使用单一有益



细菌效果更好。

另外,噬菌蛭弧菌在水产养殖中的作用也越来越受到重视。这是一类细菌寄生菌,有如细菌病毒作用,寄生在有害菌内,可消除水体中对水产动物有害的细菌。经研究,噬菌蛭弧菌可寄生裂解大肠杆菌、ELTOR 霍乱弧菌、206 株伤害杆菌和嗜水气单胞菌等引起虾、蟹发病的有害菌。

③利用有益藻类控制和改善虾、蟹养殖的生态环境。由于施肥投饵,排泄物的积累,虾、蟹养殖水体不断恶化,就会引起对虾、蟹有害藻类的大量繁殖,严重时附着在虾、蟹体表,甚至体内,轻者影响其正常生长,降低虾、蟹抵抗力,严重时诱发虾、蟹病害发生。针对这些情况,目前主要采用一些除藻剂,或是降低虾、蟹养殖水体的透明度,来控制这些有害藻类的生长,此外还利用有益藻类吸收虾、蟹养殖水体中过剩的营养物质,抑制有害藻类的生长繁殖,这是一个十分有效的措施。这种有益藻类主要有小球藻、螺旋藻等。这些藻类通过新陈代谢吸收有害藻类生存所需的营养物质,使有害藻类失去赖以生存的环境,有益藻类大量生长繁殖成为优势种,从而抑制有害藻类的生长,而且这些有益藻类蛋白质含量都在 50% 以上,是极好的天然活饵料。

④利用生石灰等调控和改善虾、蟹养殖水体的生态环境。有些物质不仅可吸附有害物质,而且成为微生物有效载体,能增强有益微生物处理有害物质的效果,有的还可增加水体的微量元素,促进虾、蟹生长。例如纯度大于 65%,粒度 100 目左右的沸石,可吸附铵 1 毫克/克以上,使用量 15~25 千克/亩。

生石灰主要成分为氧化钙,来源方便,价廉高效,不但能消灭水体中多种有害病菌,而且对水质调节和底质改良极有效。使用生石灰对虾、蟹养殖尤为重要。定期向养殖虾、蟹的水体中泼洒生石灰水,不但可减少虾、蟹养殖过程中多种病害的发生,同时提高了水体硬度、提供虾、蟹养殖所必需的钙元素。然而使用时必须科学地合理利用,否则也起不到应有的作用,或适得其反。使用生石灰应注意以下几点:要选择没有“风化”的新鲜生石灰。已潮解成粉末的,效果差,絮凝作用低,起不到杀菌净化水质作用。虾、蟹养殖池塘使用生石灰时间一般为 5~9 月份,每隔 20 天左右使用一次。用量一般为:水深 1 米的塘,每亩用量 15~20 千克。初期气温低、水温不高,苗种尚未进入快速生长期,而且一般养殖池清整不久,石灰用量适当偏少,间隔时间可稍长。养殖中、后期,生长达到盛期,饵料投喂量大,排泄废物相应增多,水体中浮游生物繁衍旺盛,对水中钙的需要量增多,此时投放量应适当偏多,间隔时间宜偏短。另外,还要根据虾、蟹病害高发期的预防需要和治疗需要,来决定使用方法和使用量。泼洒生石灰和池塘施肥不能同时进行,这是由于水体中离子氨和非离子氨处于动态平衡,当水中 pH 值升高时,离子氨会向非离子氨转化,非离子氨对虾、蟹危害很大。如果生石灰与肥料同时使用,肥料中所含离子氨便转化成非离子氨,使虾、蟹中毒。另外肥料中的有效磷(可溶性磷酸盐)会与石灰中的钙发生化学反应,转化为难溶性磷酸钙而降低肥效。施肥和使用生石灰之间间隔时间至少应有 5 天。生石灰不可与含氯消毒剂、杀虫剂同时使用。由于这类杀虫剂都为酸性,当与碱性的生石灰同时

使用,会产生拮抗作用而降低生石灰和含氯消毒剂及杀虫剂的作用,而达不到应有的效果。两种制剂各自使用的间隔时间也应至少 5 天。生石灰使用还要根据虾、蟹养殖水体水质、底质情况而定。例如当水体 pH 值大于 8.0 时,最好不要使用,避免 pH 值太高而危害虾蟹。

虾、蟹养殖的水质管理很重要,要从多方面着手,采取综合措施管理好虾、蟹养殖的水域环境,使虾、蟹有一个良好的生存环境,消除有害病菌的滋生场所,减少虾蟹发病率,实施健康养殖。

## (四)人工养殖中虾病的防治

### 1. 虾病的检查

(1)观察虾在水中的活动情况。正常的虾白天群集池水深处不大活动,傍晚出来觅食,反应敏捷。病虾往往白天离群、行动迟缓,或体表有异物附着,有时成群在池边狂游。

(2)观察水体变化。包括水质、底质、水温等。如水质是否过浓,有无药物、污水等进入;底质是否发黑等。以上情况若出现异常必须及时采取措施,因虾类对这些变化很敏感,一旦发生问题,损失严重。

(3)了解发病全过程。如发病时期、时间、死亡情况、投喂量、换水、密度、生长、摄食变化、蜕壳情况等。以便综合分析。

(4)采样病虾观察,由表及内,必要时用显微镜检,做好记录。

## 2. 罗氏沼虾幼体期疾病防治

### (1) 棘毛萎缩病(畸形病)

病因:水质理化条件不适,受重金属离子污染。

症状:受精卵发育后期不易破膜孵化。病体初,尾节刚毛弯曲、短小,随后尾棘和附肢刚毛进一步萎缩,幼体游泳无力,最后沉于水底。幼体蜕壳不彻底,有时挂在尾部。多发生在受精卵及幼体阶段。

防治方法:

①保持良好水质和适宜的水温。

②重金属离子浓度较高时,加 EDTA- $\text{Na}_2$  5~10 毫克/千克。

### (2) 蜕皮障碍

病因:营养不良,水质不合要求,钙离子沉积外骨骼。

症状:多数幼体由于头胸部、附肢及额角不能蜕出壳而死于旧壳之中,也有些幼体蜕出后立即死亡,有的蜕壳后附肢畸形,外壳下陷。死亡率达 20%~30%。

防治方法:

补充“绿水”(含浮游植物,主要是绿藻),增加蛋黄等适合幼体营养饲料。

### (3) 纤毛虫病

病因:纤毛虫类寄生,如聚缩虫、单缩虫、累枝虫、钟形虫等。

症状:病原物不直接侵害组织,只是附着在宿主上,把它们作为“生活基地”。群体寄生罗氏沼虾甲壳时,肉眼可见一

层绒毛状物。如果与丝状菌同时发生,其致病性会加强。如果在鳃上附着,会影响呼吸。如果群体中附着数不多,会随蜕壳而消失。如果大量附着,会妨碍呼吸、游泳、摄食和蜕壳,水体溶氧稍有不足便会引起大批死亡。

防治方法:

经常灌注新水,保持水质清洁,附着不多时,不必治疗;附着量大可分别选择以下方法。

①卤虫卵先用 30 毫克 / 升漂白粉浸洗后再行孵化。

②25 毫克 / 升福尔马林浸洗病虾 4 小时;或 1~2 毫克 / 升高锰酸钾和 0.7 毫克 / 升硫酸铜治疗和预防。

③0.2 毫克 / 升孔雀石绿浸洗 30 分钟,连续 3~5 天为一个疗程。

④育苗池全池遍洒呋喃唑酮,使池水达 0.5~1 毫克 / 升浓度,必要时连续用药 2~3 天。

#### (4) 细菌性坏死

病原体:细菌。

症状:幼体厌食,但互相残食。濒死个体体色变为淡蓝色,肠道无食,体表或附肢出现“黑色”病灶,蜕壳时死亡或出现附肢畸形。该病对 IV~V 期幼体造成极大危害,死亡率可达 100%。晚期幼体及仔虾对该病有抵抗力。

防治方法:

①控制改良水质、加强管理。

②全池泼洒链霉素,使池水浓度达 2 毫克 / 升,每天 1 次,连用 3 天。作为预防用药则每隔 3 天施用上述剂量 1 次。

#### (5) 丝状细菌病

病原体:毛霉亮发菌。菌体细长,丝状不分支。一端附着在寄主体表,另一端游离。菌丝无色透明,而较老的菌丝呈淡黄色。最适生长温度  $25^{\circ}\text{C}$   $15^{\circ}\text{C}$  以下即不会生长,共生在虾体外部,是普遍存在于淡水、海水中的细菌。

症状:患病个体的附肢、附肢刚毛、鳃丝等部位有丝状细菌着生。菌株仅附着于组织表面而不进入皮下组织,也不破坏组织器官。严重的,由于附着许多污物,使鳃呈黄棕、褐和黑色,使虾呼吸受阻,用清水冲洗,这些污物就会被洗掉,在这种情况下,即使水中溶氧丰富,危害也很大。在低溶氧环境下,病情发展更快,严重感染的虾在蜕壳时死亡。丝状细菌往往与聚缩虫等同时发生,这加重了对虾的危害。丝状菌分布广,在育苗池和池塘里都能发生,在幼虾及仔虾期最易发生。

防治方法:

- ①彻底清塘、清淤,并用生石灰或漂白粉消毒。
- ②用  $5\sim 10$  毫克/升高锰酸钾溶液浸洗  $1\sim 2$  小时。
- ③用  $0.1\sim 1$  毫克/升呋喃唑酮全池泼洒。

#### (6)弧菌病

病原体:弧菌属细菌。该菌普遍存在于海水、淡水中及虾体的表面。是虾类细菌性疾病中的常见病。

症状:病虾肌肉呈不透明白色,有的外壳具黑色溃疡。鳃上、头胸甲、腹侧有黑斑,鳃上附着有黑色和褐色的污物,用水冲洗后呈灰或土黄。鳃变得肥厚而脆弱。病虾末期鳃丝有损伤,组织脱落或呈空泡变性。显微镜检查可看到运动活泼的杆菌。革兰氏染色呈阳性,杆菌呈弧状。该病多发生在幼体及成虾。患病幼体活动力明显减弱,多在底层缓慢游动,趋光

性变弱,幼体生长减慢,变态期延长或不能变态,腹部蜷曲,体色变白,不摄食。患病成虾浮于水面,无方向(或沿边)游动,有的向塘边浮游,行动缓慢呆滞。病虾肝脏除头胸甲上方尚见小部分黄褐外,几乎整个肝脏变白。该病感染率很高,受感染幼体或成虾死亡率可达 100%。

防治方法:

①育苗池使用前用 100~200 毫克/升漂白粉或 10~20 毫克/升高锰酸钾彻底消毒,然后用清水将余药反复冲洗。育苗用水进行过滤消毒。

②育苗期间每天清除池底污物。

③用于患病幼体的,各种用具都要与正常池分开使用,防止污染。

④在幼虾培育和池塘养虾中投饲要适当,防止剩饵腐烂。

⑤用 1~2 毫克/升土霉素或 0.5~1 毫克/升呋喃西林(粉剂),全池泼洒,隔天 1 次,连用 2~3 次,或用 3 毫克/升漂白粉全池泼洒。

⑥用大蒜去皮捣烂,过滤取汁配成 5~10 毫克/升的液体处理 24 小时。

(7)肌肉白浊病(肌肉坏死病)

病因:病因还需继续研究,有时会因水温、密度、溶氧等异常、水中化学物质污染等原因引起。如水温过高、密度过大、溶氧低等。

症状:病虾初期腹部 1~6 节出现轻度白浊,呈斑块状,并向背部扩展。肌肉色泽混浊,肌细胞成批坏死,并伴有轻度或中度血细胞渗出,并向四周扩散病灶,其肌纤维膜细胞核出现

自行增生。各期幼体均会发生此病。

防治方法:

①在运输、操作时注意环境变化,使之保持恒定。

②高温季节要经常加注新水,增氧,防止水温过高或温度骤变。

③放养密度应适当。

④发现该病,应予隔离,及时处理。病轻、病期短的可恢复健康。

### 3. 罗氏沼虾成虾、亲虾病害防治

#### (1) 黑鳃病

病原体:镰刀菌等。

原因:①底质有机碎屑积累,黑底,这类有机碎屑由于呼吸随水流而附着虾的鳃上使之呈黑色,影响虾的呼吸;②鳃部真菌感染(镰刀菌)引起黑鳃;③池底金属离子含量高,虾出现中毒症,鳃呈黑色;④长期缺乏维生素 C。

症状:病虾鳃由红色变褐或淡褐,甚至完全变黑而引起鳃萎缩,使虾逐步失去呼吸功能。

防治方法:

①彻底清塘消毒;

②定期消毒,防止细菌和真菌滋生;

③避免长期使用硫酸铜,必须使用时可同时加入柠檬酸,防止金属铜沉淀;

④饲料中添加维生素 C;

⑤确定病因,对症下药,采取相应措施;



⑥如是“黑底”后的有机碎屑贴附鳃丝,只要将虾移入清水中饲养,其鳃便能恢复正常;

⑦真菌引起虾病可用 3.3 毫克 / 升孔雀石绿溶液或 10 毫克 / 升亚甲基兰全池泼洒,均能取得良好疗效;

⑧对细菌性虾病,虾塘用 0.8~1 毫克 / 升漂白粉或 20 毫克 / 升生石灰全池泼洒可起预防和治疗作用。病虾用 2~3 毫克 / 升呋喃唑酮浸洗 2~4 次,每次 5~10 分钟;

⑨重金属中毒可大换水,并添加柠檬酸和  $\text{EDTA-Na}_2$ 。

## (2) 褐斑病(甲壳溃疡病、虾壳病)

病因:几种能产生多种脂酶、蛋白酶和几丁质(甲壳质)酶的细菌、藻类作用的结果,可能还伴随继发性的细菌及丝状菌的二次感染。病虾褐斑上检查到的细菌有内壳氏菌、弧菌、假单胞杆菌、粘细菌等,这些细菌都具分解几丁质的能力,但人工感染没有成功。因此推测,引起褐斑可能是其他原因,如表面损伤、环境污染、营养不良等也会使亲虾外壳表皮被破坏而发病。

症状:初期虾腹、背或头胸甲两侧出现褐色斑点或小的孔穴,继而成带褐色的腐蚀区,形成的褐斑,为直径 1~5 毫米的圆形,中心凹下,虾体各部位都可产生,而头胸部和腹部前三节背面发生较多,呈不对称排列。有时触角、尾扇和其他附肢都因褐斑而断裂,断裂处也呈黑褐色。病情严重时甲壳下层组织也受侵蚀,引起渗透压不平衡,新老甲壳粘连而使蜕壳困难,病虾因此死亡。引起甲壳溃疡症的细菌并不会深入甲壳以下的组织,但可增加其他细菌侵入的机会而引起继发感染。此病在越冬亲虾中极普遍,发病率高,死亡率也高,是亲虾越

冬期间危害很大的疾病；同时外壳不美观也影响商品价格。

防治方法：

①捕捞等操作时防止损伤虾体；

②选择体壮色正、附肢完整、体表无附着物的亲虾留存越冬；

③保持良好水质，饲料鲜活，生物饲料必要时需经消毒；

④越冬池应洗净消毒；

⑤严重病虾用 70 毫克 / 升福尔马林浸浴并喂抗生素药饵，经几次蜕壳后可康复；

⑥用 20~25 毫克 / 升福尔马林与 0.1~0.25 毫克 / 升孔雀石绿混合，全池泼洒；

⑦0.9 毫克 / 升孔雀石绿与 2 毫克 / 升福尔马林混合，病虾浸浴 15~30 分钟；

⑧每千克饲料混合 0.45 克土霉素投喂，连喂两周；

⑨20~30 毫克 / 升茶粕浸浴 1 天，再换水，提高水温，促进虾体蜕壳。

### (3) 烂尾病

病因：几丁质被细菌感染分解；虾体受伤；蜕壳时互相残食。

症状：初期病虾尾部有水泡（充满液体）而后尾扇边缘溃烂、坏死、残缺。严重时整个尾扇烂掉，断须、断足、体表具黑色斑点。常发生于越冬亲虾池。

防治方法：

①15~20 毫克 / 升茶粕全池泼洒，6 小时后换水；

②每亩 5~6 千克生石灰（先用水溶解）全池泼洒；

③0.08 毫克 / 升孔雀石绿与 20 毫克 / 升福尔马林混合后全池泼洒。

#### (4) 黑瘤病(水泡病)

病因:缺乏维生素 C(类似对虾黑死病)。

症状:病虾体表出现水泡,常伴随严重的细胞炎症。发病部位多在头胸甲表皮和内表皮中,并不向皮下蔓延。水泡中包含血淋巴及大块血细胞堆积物,有时变成黑色。由于用呋喃西林可防治,所以有学者认为病原为细菌,但经分离出的细菌又是非感染性的。

防治方法:

①饲料添加维生素 C;

②0.09 毫克 / 升呋喃西林泼洒。

#### (5) 白虾病(白色综合征)

病因:往往发生阳光不能直接照射的池(如越冬池)中,运输及入池等机械碰撞,或环境突变所引起的生理保护反应。喂人工饲料的成虾更易患该病。

症状:初期头胸甲部分变白,之后白化部位逐渐扩展到整个头胸甲,表皮失去色素,外壳逐渐变软,中胸腺萎缩,以雌虾居多。虾体白化时间越长、蜕壳越困难。未交尾的虾便很难再交尾蜕壳,因而影响繁殖力。该病无明显传染性,病虾比正常虾死亡率高。但存活的个体中已交配的也能正常产卵孵化。

防治方法:

①在挑选亲虾等操作时,避免剧烈刺激和损伤,周围环境因子尽量恒定;

②隔离病虾,强化培育,提高水温、促进亲虾蜕壳;

③投喂优质饲料,改善养殖环境。

#### (6) 肝胰脏脂肪增生(肝胰脏硬化)

病因:有机磷脂杀虫剂干扰肝胰脏脂代谢,使不饱和脂肪酸积累。

症状:病虾肝胰脏具过量脂肪酸不易分解,腺体中可检测出马拉磷酸和甲基对硫磷。

防治方法:

防止或减少有机磷污染,投喂磷酸盐含量低的饲料。

#### (7) 血细胞肠炎病

病因:吞食丝状蓝藻、丝状绿藻。

症状:由于丝状兰、绿藻含有内毒素,能导致血细胞肠炎的发生,致使中肠、后肠黏膜上皮坏死和血细胞性发炎,有时伴有肝胰腺发炎萎缩和坏死。致使肝胰脏消化能力和中肠吸收能力下降。病虾表现高频率急性死亡和低频率慢性死亡。中肠肠壁的各层组织中集结大量血细胞,中肠及后肠上皮组织坏死。该病多在接近成熟的虾中发生。病虾生长缓慢、厌食,反应迟缓。

防治方法:

经常换水、降低水中营养盐浓度,投放生物制剂,抑制底栖丝状蓝、绿藻生长,保持水体中浮游植物的正常密度。

#### (8) 软壳病

病因:有机质过多,放养密度过大,pH 值低,长期营养不良,水质条件恶劣,池塘恶化。

症状:甲壳明显变软(非蜕壳期),体形消瘦,活动力弱,生

长慢。体长 10 厘米以下者,伴有死亡现象。

防治方法:

主要采取倒池,提供平衡营养饲料,改善水域环境等针对性的措施。

#### (9) 硬壳病

病因:营养不良,水质钙盐过高,底质差,虾池水草过盛。

症状:甲壳变厚变硬,并有明显粗糙感,壳质无光泽,呈黑褐色,生长停滞,厌食。

防治方法:

①针对病因采取相应措施,如投喂生鲜饲料,注意营养平衡,3~7 天后以 5 毫克 / 千克茶粕浸泡。

②水质、底质不良时可大量换水或倒池等。

#### (10) 虾疣虫病

病因: 虾疣虫寄生。

症状: 虾疣虫寄生鳃腔, 寄生处可见膨突疣状。被寄生的虾,鳃部损伤,影响呼吸,有的引起生殖腺发育不良,甚至完全萎缩,失去繁殖能力。

防治方法:

机械方法除虫。

#### (11) 切头虫病

病因:切头虫靠吸盘聚集在虾鳃腔,影响呼吸。

症状: 病虾鳃腔可见切头虫。

防治方法:

50~100 毫克 / 升福尔马林浸浴。

## 4. 青虾病害防治

### (1) 黑斑病

病因:池底形成严重还原层,水质变坏,使分解甲壳质和腐屑的细菌大量繁殖,同时伴有假单胞杆菌和极毛杆菌危害。

症状:病初,虾体病灶呈较小褐斑,之后逐渐溃烂,最后呈黑色。通常使鳃、腹、步足、游泳足带黑色或黑斑。虾活力大减,或卧于池边呈濒死状态。

防治方法:

- ①保持虾池水质良好,必要时施生石灰或水质改良剂;
- ②操作时防止甲壳损伤,适当降低放养密度,投饵适当;
- ③用 1 毫克 / 升呋喃西林泼洒,有一定疗效。

### (2) 红体病

病因:操作时虾受到挤压、离水时间过长等。往往在拉捕放养后的 1~3 天内发生。

症状:初期尾柄发红,红的范围逐渐扩大至整个腹部,最后达头胸部,病虾死亡。

防治方法:

带水操作,操作避免挤压重叠,动作轻,防受伤。

### (3) 丝状细菌病

病因:丝状细菌附生虾体。

症状:丝状细菌附生外壳,显微镜检可见菌体。

防治方法:

- ①大量换水抑制丝状菌繁殖;
- ②虾苗用 2.5~10 毫克 / 升高锰酸钾溶液浸浴 1 小时或

用 1 毫克 / 升高锰酸钾药浴 30 小时;

③用 1 毫克 / 升呋喃西林全池泼洒。

#### (4) 霉菌病

病因:霉菌感染虾体。

症状:初期尾部及附肢基部出现不透明白斑,继而扩大,严重时遍及全身而使虾死亡。该菌主要侵袭虾苗,一旦感染,传染性较强,须隔离或抛弃病虾,且用具要消毒。若大部分虾苗染上此病,则全部抛弃。

防治方法:

①用 0.2 毫克 / 升孔雀石绿每天浸浴 0.5 小时;

②用 200 毫克 / 升福尔马林溶液每天浸浴 0.5 小时。

#### (5) 黑鳃病

病因:①霉菌、细菌侵蚀致使鳃部受损②池底重金属含量过高,如铜离子含量过高;③长期缺乏维生素 C。

症状:鳃部发黑被侵蚀;或黑色素沉积影响呼吸,前者为霉菌,细菌感染,后者为铜中毒或缺乏维生素 C 所致。

防治方法:

①霉菌感染鳃部可用孔雀石绿或甲基蓝,也可用漂白粉 2 毫克 / 升全池泼洒;

②细菌感染可用呋喃唑酮 2~3 毫克 / 升浸洗;

③重金属中毒则可大量换水,并添加柠檬酸;

④饵料中添加维生素 C。

#### (6) 蓝绿藻病

病因:底栖蓝绿藻附着虾体表面。

症状:在透明度高、水质差的水体中、虾体生长较慢时,蓝

绿藻附着在虾体表面,影响虾的摄食及运动,严重时使虾不能蜕壳而死亡。

防治方法:

①施肥或繁殖浮游生物,降低透明度;

②水位保持 1 米以上;

③施用 1~2 毫克 / 升硫酸铜,也可施用 15~20 毫克 / 升茶数。

#### (7) 钟形虫病

病因: 钟形虫寄生。

症状: 钟形虫寄生于虾鳃、腹节、眼基部。寄生过多时,虫体导致青虾窒息而死亡。

防治方法:

①福尔马林 25~30 毫克 / 升或茶麸 15~20 毫克 / 升药浴 24 小时;

②施用 2 毫克 / 升浓度硫酸铜治疗,注意及时换水。

#### (8) 累枝虫病

病因: 累枝虫寄生,水质硬度过高,水体含较多有机质和细菌。

症状: 病虾体表具白色絮状物。显微镜检发现大量带柄之累枝虫。

防治方法:

①大量换水降低水质硬度;

②用 0.5 毫克 / 升硫酸铜全池泼洒;

③提高水温,冲新水,促进虾变态蜕壳或生长蜕壳,或以 5 毫克 / 升茶子饼,促进蜕壳;



④用 200 毫克 / 升醋酸药浴 1 分钟。

#### (9) 糠壳病

病因: 水体及饵料中缺钙。

症状: 虾壳异常粗糙、难看。

防治方法:

①池中适量施用生石灰水;

②饲料中添加钙质。

#### (10) 维生素缺乏病

病虾成为天蓝色。防治方法是注意投喂生鲜饲料, 注意饲料营养平衡, 并添加多种维生素。

#### (1) 氨中毒

病因: 分子氨浓度过高。

分子氨对水生生物是极毒的, 因分子氨不带电荷, 不受细胞膜电荷排斥, 很容易穿透细胞膜进入细胞中, 直接对细胞产生毒害作用, 对其结构和功能产生不良影响, 影响气体交换, 抑制基础代谢, 使动物生长速率下降。能降低鱼、虾对环境的适应能力及对污染的耐受力, 从而减弱鱼、虾对疾病的抵抗力。养虾用水要求氨 ( $\text{NH}_3\text{—N}$ ) 浓度  $\leq 0.1$  毫克 / 升, 据此可计算出不同温度、pH 值及盐度情况下, 相当于 0.1 毫克 / 升氨 ( $\text{NH}_3\text{—N}$ ) 的总氨浓度, 作为控制虾池总氨浓度的指标。由于池塘底部氨浓度比上层水中高十几到几十倍, 所以在青虾从浮游刚转变成底栖阶段时很容易发生氨中毒。

防治方法:

①施用有机肥、粪肥时需先经腐熟, 并少量多次施用;

②投饵不过量, 减少残饵积累, 推迟“黑底”进程;

- ③晴天中午开机增氧,防止氨局部积累;
- ④放养水生植物和生物制剂分解利用底层有机物;
- ⑤定期冲新水,换去底层水;
- ⑥有条件的地方,定期进行水质测定。

## (五)人工养殖中蟹病的防治

### 1. 健康育苗防病综合措施

#### (1)亲蟹选择和消毒

引起真菌病的离壶菌可在性成熟的亲蟹附肢上存在,所以应用解剖镜和显微镜检查,挑选没有真菌感染的亲蟹作为繁殖亲蟹,并在进行暴气增氧的消毒容器内,用 10 毫克/升孔雀石绿消毒,此外还需用制霉菌素 35~70 毫克/升,消毒 3~5 小时,以提高亲蟹成活率。消毒时间根据当时水温而定,水温高时时间短。

#### (2)保持优良的育苗水域

冬季备足育苗用水;施用 2~5 毫克/升  $\text{EDTA Na}_2$  以消除重金属离子的影响;培养单细胞藻类,使密度达到 15 万细胞/毫升或更高。调节水质,使盐度 18‰~25‰; pH 值 7.8~8.5;溶氧 5 毫克/升以上;温度 20~25℃;氨氮 0.035 毫克/升以下。

#### (3)育苗池及用具消毒

新建池预先浸泡 1 个月以上,间隔 5~7 天换水一次。已用过的池在育苗前彻底洗刷,再用 25 毫克/升高锰酸钾或 60

毫克 / 升漂白粉溶液冲洗池壁、池底,30~60 分钟后再用干净海水冲洗干净。育苗的其他用具,如蟹笼、换水用的网箱、抄网等用前也应彻底消毒。

#### (4) 合理的幼体培育密度

在江浙、上海沿海地带,在育苗时,Ⅰ期蚤状幼体培育密度以 10 万~20 万尾 / 米<sup>3</sup> 为宜,最高不宜超过 35 万尾 / 米<sup>3</sup>。

#### (5) 合理投喂优质饵料

以投喂鲜活饵料为主,辅以人工代用饵料。以少量多次为投喂原则,一般每次喂投后 2 小时内吃完。每 3~4 小时投喂一次。

#### (6) 病害的生物和药物预防

①育苗池投放光合细菌等进行生物预防。投放量 60~120 毫克 / 升,使其成为优势种群,以抑制病原微生物增长,分解氨、硫化氢等有机废物,改良水质;光合细菌繁殖时,释放胰蛋白酶分解酶,可防止蟹苗患病。光合细菌还可作为初期幼体饵料,因其富含 B 族维生素等活性物质,可促进蟹苗生长,增强抗病能力。

②在幼体易患病害阶段,适当使用药物预防。用土霉素或氯霉素,用量为 2 毫克 / 升;呋喃唑酮或呋喃西林,用量为 0.5 毫克 / 升;每隔 2~3 天全池泼洒一次。也可用高锰酸钾,用量为 0.1~0.2 毫克 / 升,每 3~5 天泼洒一次。也可用土霉素拌饵投喂,以饲料的 1% 添加。同时用生石灰、沸石粉等改善育苗池底质。

#### (7) 蟹苗暂养淡化

当育苗池中 80% 左右蚤状幼体变态为大眼幼体(蟹苗)

时,可以起捕,放到预先准备的水泥池中暂养淡化。方法是每两平方米设置气石一枚,连续大量送气,暂养密度 5 万~10 万尾/米<sup>3</sup>,每天数次投饵及水体交换,换水量为池水的 1/3~1/2,逐渐换进淡水降低盐度。经暂养后的大眼幼体,体质健康活泼,外观老甲、规格达 16 万~20 万只/千克。用手抓起一小把,沥去水分后,轻捏聚团,手掌松开,大眼幼体能迅速散开逃逸,这样的蟹苗便经得起长途运输,放养后成活率较高。

近年来,为克服因露天作业,土池育苗受自然因素制约太大的缺点,在石壁土池育苗的基础上,在室外土池搭建尼龙薄膜大棚,使土池育苗平均单产可达 34.0 千克/亩,平均成活率达 24.7%。其池面积一般 120~130 平方米,深 1.2~1.5 米,坡比 1:1.5。棚顶最高处 1.5 米以上,培育池以气泵增氧,进排水经 60~80 目筛绢过滤,有条件的可用锅炉加温池水。

## 2. 育苗期间河蟹常见病害防治

### (1) 弧菌病

病原体:弧菌。

病症:患病河蟹幼体体色浑浊,肠道无食,活力明显下降,行动迟缓,反应迟钝,大多数沉水底死亡。有时在濒死或刚死亡幼体内部发现有活的纤毛虫或鞭毛虫存在,属继发性感染。该病在育苗中各阶段均有发生,尤以蚤状幼体前期更严重,具有很强的传染性,可致 90% 以上河蟹幼体死亡,危害性大。

防治方法:

①用 2 毫克/升氯霉素或用 1 毫克/升呋喃西林,或 4~5

毫克 / 升土霉素全池泼洒,连用 3 天。

②用 1.5 毫克 / 升氯霉素加 0.6 毫克 / 升呋喃西林混合泼洒,每天一次,连用三天。

③以饵料量 1% 土霉素浸饵 2 小时后再投喂,连用 2~5 天。

### (2) 丝状细菌病

病原体:白丝菌等。

病症:患病个体活力下降,摄食减少或停食,体表污浊,变态困难,最后沉水底死亡。白丝菌等附生在附肢或刚毛上,特别是头胸部的鳃丝上。该病在河蟹蚤状幼体及大眼幼体各阶段偶尔发生。对大眼幼体阶段危害较大;有时继发聚缩虫病,妨碍河蟹幼体摄食和呼吸,致使幼体死亡。育苗后期更易患此病。

防治方法:

在蚤状幼体阶段,可通过改善水质,提高水温和加强营养等方法,促使蚤状幼体蜕皮变态而痊愈。如果在大眼幼体阶段发病,须用 0.2 毫克 / 升孔雀石绿加 0.2 毫克 / 升高锰酸钾混合泼洒,每天一次,连用两天。

### (3) 真菌病

病原体:链壶菌、离壶菌。

病症:患病河蟹幼体开始在水中高速旋转,随后活力下降,幼体白浊,胸部附肢僵直,停食,下沉水底,间歇性痉挛颤动,很快死亡。这种病目前已成为我国河蟹人工繁殖中的主要病害,从河蟹胚胎的卵到幼体、幼蟹、成蟹、亲蟹均可发生。对幼体、幼蟹造成很大威胁,对成蟹不会造成死亡。受感染幼

体头大尾小,体呈黑色。患病蟹苗,育成幼蟹的成活率低,一般只有 5%~6%。

离壶菌菌丝很长,为不规则交叉分支,一般不分隔、弯曲,直径 7.5~40 微米,寄生宿主,菌丝颜色不断变化呈黑、绿、青、灰、橘黄等。近表面菌丝形成孢子囊。能耐受的温度、盐度、pH 值范围较广,如在含氯化钠 0~7%、pH 值 5~11 条件下均可生长。该菌传播速度快,如第一天刚孵出的蚤状幼体有 1% 的寄生,2~3 天后感染率便能达到 100%,严重的全部死亡。寄生量少的幼体如水温低,或把幼体移到室外土池育苗,可有少量蜕壳变为蟹苗。

防治方法:

发病初期用 0.4 毫克/升孔雀石绿全池泼洒,每天一次,连用两天。

真菌病原目前尚无有效办法杀灭。可切断其传染途径。

①选择没有菌体寄生的亲蟹作为繁殖亲蟹。

②促产前对亲蟹进行消毒。

③早发现早采取措施。

(4) 固着类纤毛虫病(聚缩虫病)

病原体:聚缩虫、钟虫、单缩虫和累枝虫等固着类纤毛虫。

病症:在患病幼体附肢、复眼、背刺基部等处,肉眼可见浅灰白色绒毛状附着物。患病个体行动迟缓,摄食困难,严重时发育停止,蜕壳变态受阻,直至死亡。有时病原体直接附着在鳃丝上,使幼体呼吸困难,窒息而亡。该病发生在受精卵到大眼幼体的各个阶段。危害最大的是大眼幼体阶段,其次为蚤状幼体 I 期。如治疗不及时,24 小时感染率可达 80% 以上,

死亡率可高达 90% 以上。

防治方法:

①0.2~0.6 毫克 / 升孔雀石绿全池泼洒, 24 小时后换去池水总量 60% 以上。

②用 35 毫克 / 升浓度制霉菌素药浴 3 小时。

③用 50 毫克 / 升福尔马林或 30 毫克 / 升新洁尔灭全池泼洒。

#### (5) 变态难症

病因: 与水质理化因子有关。

病症: 河蟹育苗阶段出现幼体发育迟缓, 头胸部与腹部比例失调, 头胸甲特别大而腹部细小且僵直, 活动弱, 体色淡白, 难以蜕壳变态而亡。主要出现在蚤状幼体Ⅰ期。该病死亡率可达 90% 以上, 大都在蚤状幼体Ⅰ期末蜕壳变态前死亡。无论投喂何种饵料, 患病幼体均不摄食, 最终绝食而亡。

防治方法:

注意水质中各离子的含量, 保持育苗水体水质良好。

#### (6) 黑化症

病因: 与饲料及水质有关。在以代用饲料为主及育苗用水盐度较高时, 发病率高。

病症: 幼体色素比正常幼体深而黑, 随生长发育, 体色越来越黑, 在蚤状幼体前期也能正常变态, 但个体偏小, 为正常的 2/3 左右。患病幼体最终因变态困难而亡于蚤状幼体Ⅳ期, 也有极个别的, 能变态成眼幼体, 但需时间较一般的长。

防治方法:

以单胞藻等活体饵料投喂, 改善育苗水质。

### (7) 幼体曲弓反背病

患该病的幼体腹部出现褐色块斑,肠道无食,尾部向背部弯曲至头部。可致死亡。病因需研究。用 0.5 毫克/升土霉素定期消毒培育池池水,可起预防作用。

## 3. 育苗期间河蟹常见有害生物防治

### (1) 菱形海发藻

是育苗期间的敌害生物。菱形海发藻属浮游硅藻类,羽纹藻目。它的细胞以胶质相连成星状或锯齿状群体,壳环面呈狭棒状。这种藻分布极广,在海水盐度为 30‰ 左右,水温 18~20℃ 时,育苗池光线充足,水质肥时,海发藻在蚤状幼体身上迅速大量繁殖。蚤状幼体被海发藻附生后,不断扭动腹部,力图摆脱。由于体力大量损耗,加上不能正常摄食生长,被其附生的蚤状幼体在 4~5 天内就会死亡。

目前尚没有只杀灭海发藻而对蚤状幼体无害的办法。只有采用增加换水次数,控制光线以及加温的办法,促进蚤状幼体变态和控制海发藻繁殖。

### (2) 水蜈蚣(水夹子)

水蜈蚣是龙虱的幼体。体长锥形,具一对钳形大颚。对河蟹各期幼体危害极大,一条水蜈蚣侵入育苗池中,1 小时内能残杀 10 只,河蟹幼体。

防治方法:

育苗前,要彻底清池消毒。过滤进水,发现水蜈蚣侵入,用捞海捕捉。

### (3) 摇蚊幼虫(血红虫)



摇蚊幼虫呈蠕虫状,体色深红,头部甲壳质化,两侧具 1~2 对眼。触角短,多为 5 节,有的个体触角伸长呈管状,大量存在可缠绕住蚤状幼体并加以噬咬,对蚤状幼体有直接威胁。

防治方法:

用 2‰~3‰ 福尔马林杀灭。

#### (4) 华镖鲶

华镖鲶属桡足类。在水体条件优越的育苗池中,华镖鲶生长繁殖迅速,并形成优势种群,与河蟹蚤状幼体争食、争氧气、争水体,严重影响蚤状幼体的生活和发育,使蚤状幼体很难培育到第Ⅲ期。所以育苗水体要严防华镖鲶侵入。

防治方法:

育苗池彻底消毒;进水严格过滤。

### 4. 成蟹养殖阶段的病害及其防治

#### (1) 黑鳃病

病原体:细菌。

症状:病蟹鳃丝部分呈灰或黑色,严重时其鳃部全都呈灰黑色。病蟹行动迟缓,白天也匍匐不动、呼吸困难,养殖户称之为“叹气病”,轻者有避退能力,重的几小时内死亡。尤其在 80 克/只以上河蟹个体常发生此病,危害极大。发病时间为 7~9 月份,由于环境条件恶化,有害细菌大量繁殖所致。

防治方法:

①经常清扫食场上的残剩饲料,定期施用生石灰进行食场消毒。

②发现病蟹后,用 15~20 毫克 / 升生石灰水全池泼洒,每周一次,连续 1~2 次。

③及时更换池水,改善水质。

### (2) 烂肢病

病因:弧菌侵入蟹体。

症状:病蟹腹部附肢腐烂或肛门红肿,严重时病蟹不摄食,逐渐昏迷死亡。

防治方法:

①每千克蟹体用 0.1~0.2 克土霉素拌饲料投喂,对轻度病患蟹有较好的治疗效果。

②用 1 毫克 / 升土霉素或呋喃西林全池泼洒。

③用 15 毫克 / 升生石灰水全池泼洒,每周一次,连续 2~3 次。

### (3) 甲壳溃疡病(褐斑病)

病因:由一些能破坏几丁质的细菌感染后,其他细菌、真菌侵入;有时由于机械损伤后继发感染所致。如从伤口上可分离到弧菌、假单胞菌、气单胞菌以及镰刀菌等。一些弧菌、假单胞菌、螺菌、黄杆菌等,都具有分解几丁质的能力。

症状:病蟹的甲壳上具数目不定的黑褐色溃疡性斑点,在蟹的腹面较为常见,溃疡处有时呈铁锈色或被火烧焦的样子,故亦称壳病、锈病或烧斑病。早期病状为一些褐色斑点,斑点的中心部稍凹下,呈微红褐色。到晚期,溃疡斑点扩大,互相连结成为形状不规则的大斑,中心处有较深的溃疡,边缘变为黑色。溃疡一般达不到壳下组织,在蟹蜕壳后即可消失,但可继发性感染其他细菌病或真菌病,引起病蟹死亡。该病发病

次数和感染率随水温升高而增加。

防治方法:

①在蟹的捕捞、运输、饲养过程中操作应细心,防止受伤;放养密度应适当,发现病蟹后及时隔离治疗或除掉。

②用 20~25 毫克/升福尔马林和 0.1~0.25 毫克/升孔雀石绿混合,全池泼洒,可减轻该病害。

③氯霉素全池泼洒使池水成 1.5~2 毫克/升或土霉素 2.5~3 毫克/升,每隔 24 小时 1 次,连用 5~7 次。同时将氯霉素或土霉素按每千克饲料 0.5~1 克,连续投喂 5~7 天。

④0.05% 的氟哌酸或 0.1%~0.15% 的呋喃唑酮或 0.2% 的氯霉素或土霉素混入饲料中,连喂 5 天左右。

⑤按饲料重的 1%~2% 去皮大蒜捣烂,加少量水搅匀,拌入饲料,投喂 3~5 天。

在口服上述药物的同时,用下列含氯消毒剂之一泼洒,以消灭池水和蟹体外表的病菌效果会更好:漂粉精 0.3~0.5 毫克/升或二氯异氰尿酸 0.2 毫克/升或漂白粉 (30% 以上) 1~2 毫克/升。

注意事项:有机质及浮游生物丰富的池,每天泼洒一次,连泼 2 天或隔 1~2 天泼一次;水色清瘦池一般每隔 7~10 天泼洒一次。

#### (4) 水霉病

病因:水霉感染伤残部位。

症状:由于各种原因使蟹体受伤,尤其是蜕壳时受到敌害伤残,由水霉感染,伤口部位长有棉絮状菌丝,病蟹行动迟缓,摄食减少,伤口不愈合,组织溃烂并蔓延,严重的因身体瘦弱

无法蜕壳而亡。

防治方法:

①清除敌害,减少河蟹受伤。

②用 0.25 毫克 / 升孔雀石绿全池泼洒,5~7 天后再用一次。

③用 3%~5% 食盐浸洗病蟹 5 分钟,并用 5% 碘酒溶液抹患处。

#### (5) 水肿病

病原体:细菌。

症状:河蟹在生长过程中,因腹部机械损伤等原因,感染细菌后发生炎症。河蟹腹部、腹脐及背壳下方肿大呈透明状,病蟹匍匐池边,摄食减少或停食,最后在池边浅水滩处死亡。

防治方法:

①0.5~1 毫克 / 升土霉素或呋喃西林全池泼洒。

②按每千克蟹体重用 0.1~0.2 克土霉素或红霉素拌饵投喂,每 7 天一疗程。

#### (6) 纤毛虫病

病原体:纤毛虫。

症状:此病多为池水过肥、水质恶化而引起纤毛虫大量繁殖而附着在蟹体上所致。除复眼、口器外,病蟹鳃、头胸、腹及四对步足等部位附生大量纤毛虫。被纤毛虫附生后的蟹体体表污物较多,活动及摄食减少。

防治方法:

①排换池水 1/3,用 15~20 毫克 / 升生石灰全池泼洒,连续三次,使池水透明度达 40 厘米以上。

②0.5‰福尔马林全池泼洒,连续进行 1~2 次。

③用 0.7 毫克 / 升硫酸铜-硫酸亚铁(5:2)合剂全池泼洒,使池水达 0.7 毫克 / 升。

#### (7) 蟹奴病

病原体:蟹奴(一种寄生甲壳类)。

症状:蟹池不洁、环境恶化、蟹奴大量滋生。病蟹腹部略显浮肿,打开脐盖可见长 2~5 毫米,厚约 1 毫米的乳白色或半透明颗粒状虫体,寄生于附肢或胸板上。病蟹生长迟缓,寄生严重使蟹肉味恶臭。

防治方法:

①生石灰彻底清塘。

②盛夏每 20 天左右用 15~20 毫克 / 升生石灰泼洒一次。

③用漂白粉全池泼洒,使池水浓度达 1 毫克 / 升。

④用 8 毫克 / 升硫酸铜-硫酸亚铁(5:2)合剂全池泼洒,使池水浓度达 0.7 毫克 / 升。

#### (8) 苔藓虫、藪枝螅、藤壶固着引起的蟹病

以上生物固着在河蟹身体上引起蟹病。

防治方法:

1‰福尔马林溶液浸洗 20 分钟杀死苔藓、藪枝螅、藤壶等。

#### (9) 蜕壳不遂病

病因:缺钙、某些微量元素等。

症状:患病蟹背甲后缘与腹部交界处出现裂缝,背甲上有明显的棕色斑块,病蟹全身发黑,最终因无力蜕壳而亡。规格在 100 克 / 只以上的成蟹容易患此病。

### 防治方法:

①每 30 天左右全池泼洒 20 毫克 / 升生石灰一次,以增加池水的钙离子。

②全池泼洒过磷酸钙,使池水浓度达 1~2 毫克 / 升。

③在饲料中添加贝壳粉和促生长脱壳素。增加饲料中动物性饲料比例。一般 3~5 天后即可收到良好效果。

### (10) 河蟹急性中毒症

病因:中毒因子如硫化氢、氨、生物毒素,过高的用药浓度、被毒物污染或变质饲料等,在短期内致使河蟹中毒。

症状:一般有两种情况:第一种情况是有毒因子侵害强度太大,短时间内通过河蟹的鳃、三角膜使河蟹背甲后缘出现假性“蜕壳”,或三角膜呈红色或黑泥性异常颜色,有的表现为河蟹的腹脐张开下垂,四肢僵直而亡。第二种情况是有毒因子通过水草,人工饲料,短期内经山胃肠血液循环,使河蟹内分泌失调,螯足、步足与头胸部离异以致死亡。

### 防治方法:

①蟹种放养前,除去过多淤泥,彻底清塘。6~9 月间,每月每亩施用 10 千克生石灰溶于水后泼洒。年终收获后清除过多淤泥,只使塘泥保留 10~15 厘米。移种水草净化水质。

②发现中毒症状,迅速降低水位,同时彻底换水,稀释毒物浓度,以缓解中毒症状。

③坚持“四定”投饵原则,饲料要新鲜,不喂变质、受污染的饲料。

### (11) 河蟹“着毛”症

病因:丝状绿藻着生蟹体。

症状:河蟹颊部、额部、步足关节等附着水绵等丝状藻类。河蟹行动迟缓,进食减少。若堵塞出水孔,可使河蟹窒息死亡。也影响商品品质。

防治方法:

4~5月,河蟹第一个生长蜕壳高峰期过后,用草木灰遮挡 $2/3$ 蟹池水面,使丝状藻缺少阳光而萎亡,将亡后藻体捞出。6~7月每亩用20千克生石灰溶于水后全池泼洒,抑制丝状藻生长,隔10~15天再用一次,可杜绝此症重复发生。

(12蟹种性早熟(小绿蟹))

病因:

①蟹种培育过程中,有效积温过高,营养过剩;

②不恰当使用蜕壳素;

③供人工繁殖的亲蟹小型化;

④沿海地区水体盐度较高,滞留在产卵场附近河流中的蟹苗密度过大,饲料缺乏,蟹奴寄生等;

⑤生态条件不适宜。

症状:成熟个体30克左右的占50%以上。性成熟蟹种死亡前几乎不爬入池水中,在防逃墙基部来回爬行。春季水温上升后仍无摄食现象,也无掘洞现象,在正常蟹种蜕壳期间没有蜕壳反应。

识别方法:识别成熟蟹种的方法一是看腹部。雌蟹蟹脐满且圆,周围已密生绒毛,即可能为性成熟雌蟹种。二是看交接器。交接器角质硬化管状且附浓密的毛,这是雄蟹性成熟的表现。三是看步足。正常蟹种掌节绒毛短而稀,性成熟的则稠密色深而长,步足前节和腕节上刚毛粗长、稠密且坚硬。

四是看背颜色和蟹纹。性成熟蟹种背部颜色绿，背部凹凸不平起伏明显。

预防对策:

①购种、选种时识别成熟蟹种。

②培育蟹种采取相应措施防止蟹种性早熟。蟹种培育池深度 1.2 米以上,并移植水草,池埂种瓜果类植物形成自然生态小气候;有充分的天然水草供食;蟹种培育期间不要添加促生长剂和蜕壳素之类的添加剂。

### (13) 懒蟹

一龄蟹种培育中,有时会出现一部分个体奇小,始终长不大的小蟹,它们往往栖居在远离水面的穴洞里,懒得出来活动、觅食,俗称“懒蟹”。

“懒蟹”形成的原因是水体中溶氧低,且水草少而小,水位落差大,饲料不足或是投喂不均匀,养殖密度过高等。

防治方法:

①保持水质清新,溶氧充足;

②严格控制水位;

③适当控制放养密度;

④增加水草的覆盖率;

⑤保证饵料供给,均匀投饵;

⑥养殖水域周围加人浅滩,防止蟹打穴。



## 附录一

中华绒螯蟹“颤抖病”(见彩图 9)

1995 年在上海崇明县发现“颤抖病”,1998 年后在苏、浙、皖、沪、辽宁等中华绒螯蟹养殖区均有发现,有些养殖地区损失惨重,该情况引起了各方面的关注。

中华绒螯蟹“颤抖病”,又称“抖抖病”“抖脚病”“抖肢病”“腹水病”。从 5~10 克/只的小蟹到 200~250 克/只的大蟹均有发生。

病症:病蟹行动迟缓、反应迟钝、停食、上岸不回水;体表、体色尚属正常,胸肢颤抖,抽搐和痉挛、受刺激时更严重。肝脏紫或褐或灰白,严重者糜烂、脓肿、肠壁正常,肠道无食,心脏正常;肝、胰有脓肿块,体腔无异常结构。

从组织病理上看。

①肝性水肿,肝胰以上背甲下水肿,水肿液由体腔膜包涵,肝胰腺橙黄色。显微切片观察:肝胰水样变性,严重空泡化;肝细胞结构基本清楚,但腺组织浸润有大量嗜酸性颗粒细胞和嗜碱性细胞。

②鳃瘀血、鳃丝末端膨大,棒状化扭曲变形,炎性水肿,组织坏死。

③肝胰腺脓肿:解剖可见肝胰腺中部具巨大结节,坏死组织呈糜烂状,有恶臭味、典型脓性病变。

④“红肌肉”病变。濒死蟹体色较暗,解剖后肌肉呈红色,

尤以大螯中、附肢中肌肉表面更甚。肝胰呈灰褐或灰色。组织切片观察,发现病变与肝性水肿相似。

#### ⑤细胞病理(略)。

病原体:根据报道,病原体可能是小 RNA 病毒、类病毒或嗜水气单胞菌等,目前尚未确切认定,“颤抖病”病因复杂,其传播、感染途径尚不清楚。养殖中观察有互相感染现象,纵向感染传播、横向感染传播均有可能。

#### 防治方法:

不进疫区蟹苗、蟹种,改良生态环境,科学管理,注意营养平衡。切断可能的中间寄主,使用生物制剂防病等。

笔者近年来与有关大学联合研究“颤抖病”病原体与防治方法,结果证明:在发生中华绒螯蟹“颤抖病”的蟹体内,普遍发现一种介于细菌和病毒之间的微生物(以下简称 RLO)。RLO 常呈近球状(0.22~0.35 微米)或棒状(0.22~0.90 微米),具胞壁、胞膜,但缺典型的胞核。发病初期,RLO 主要出现于血细胞中,其中小颗粒细胞是其主要的繁殖场所和传播载体。发病晚期,大量出现在鳃、心脏、附肢肌肉、神经、消化道、肝胰腺、生殖腺等器官和组织中。用注射法已获人工感染成功。RLO 成熟后,小颗粒细胞瓦解,释放出大量 RLO,进一步感染其他细胞或结缔组织。RLO 对肌质网、腹神经节及运动终板等的浸染,引起了颤抖病症状:停食、肌无力、肢体阵发性颤抖。(王文、徐在宽)

检测中华绒螯蟹病原体的同时,笔者在生产中通过实施一系列防治措施,已获得了初步良好的结果。

## 附录二 几种虾蟹体内 营养成分分析

[青虾见表 20 中华绒螯蟹见表 21、表 22、表 23]

表 20 青虾的氨基酸组成(%) (张家国)

名称	粗蛋白	精氨酸	组氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	赖氨酸	蛋氨酸	苯丙氨酸	苏氨酸	缬氨酸
风干青虾	84.88	5.88	2.19	3.54	5.73	5.39	2.10	3.21	2.63	3.55

表 21 不同体重的河蟹营养成分测定(干物质%)

体重 营养成分	大眼 幼体	0.075~0.1 克 幼全蟹	9~10 克 幼全蟹	120~150 克 雌性全蟹	120~150 克 雄性全蟹
粗蛋白	36.14	39.24	39.86	40.94	40.15
粗脂肪	2.50	3.00	8.10	7.90	7.20
无氮浸出物	24.99	29.20	14.41	13.48	17.55
粗灰分	36.37	28.56	37.63	37.68	35.10
Ca	11.12	14.99	12.57	11.35	14.73
P	0.759	1.50	0.56	0.27	0.25
Ca/P	14.65	9.99	22.44	42.00	58.92

表 22 河蟹不同个体中必需氨基酸比例关系

氨基酸名称	大眼 幼体	0.1 克 蟹	9~10 克 蟹	120~150 克 雄蟹	120~150 克 雌蟹
亮氨酸	5.07	6.72	3.56	3.29	3.33
异亮氨酸	2.65	3.95	1.99	1.89	1.80
赖氨酸	3.22	5.57	3.04	2.71	2.00
蛋氨酸	1	1	1	1	1
苯丙氨酸	5.28	4.07	3.07	2.55	3.00
苏氨酸	3.02	4.10	1.76	1.94	1.92
色氨酸	1.12	2.17	0.28	0.33	0.31
缬氨酸	3.08	4.47	2.35	2.45	2.08
精氨酸	3.69	6.58	3.65	3.32	3.50
组氨酸	1.26	1.80	1.35	1.23	1.14
总量	29.39	40.43	22.05	20.71	20.86

表 23 不同体重河蟹氨基酸分析 (全蟹测定 %)

氨基酸名称	大眼 幼体	0.1 克 蟹	9~10 克 蟹	120~150 克 雄蟹	120~150 克 雌蟹
亮氨酸	1.39	2.582	2.275	1.838	1.935
异亮氨酸	0.727	1.516	1.264	1.057	1.047
赖氨酸	0.881	2.137	1.941	1.515	1.614
蛋氨酸	0.274	0.384	0.639	0.559	0.581
苯丙氨酸	1.448	1.563	1.963	1.427	1.747
苏氨酸	0.828	1.575	1.122	1.085	1.115
色氨酸	0.308	0.835	0.182	0.186	0.181
缬氨酸	0.843	1.718	1.504	1.371	1.206
精氨酸	1.012	2.526	2.331	1.856	2.036

续表

氨基酸名称	大眼 幼体	0.1 克 蟹	9~10 克 蟹	120~150 克 雄蟹	120~150 克 雌蟹
组氨酸	0.345	0.693	0.864	0.685	0.662
必需氨基酸总量	8.056	15.529	14.085	1.579	12.124
天门冬氨酸	1.683	3.422	2.822	2.427	2.223
丝氨酸	0.785	1.435	1.304	1.219	1.120
谷氨酸	2.335	5.066	3.781	3.448	3.685
脯氨酸	0.720	1.701	1.859	1.369	1.803
甘氨酸	0.952	2.194	2.007	1.619	1.579
丙氨酸	0.896	2.139	2.887	1.802	2.485
酪氨酸	4.247	2.106	2.998	2.417	3.429
胱氨酸	—	0.191	—	0.265	—
非必需氨基酸总量	11.638	18.245	17.684	14.606	16.324
氨基酸总量	19.694	33.783	31.733	26.185	28.448
必氨酸/氨基酸总量	40.90	45.97	44.39	44.22	42.62
必氨酸/非必氨酸	69.22	85.07	79.81	79.28	74.27