

罗非鱼的高密度工厂化养殖技术



王广军

(中国水产科学研究院珠江水产研究所 广州 510380)

如果水源充足并且土地资源较为紧张,相对于池塘养殖和网箱养殖来说,高密度工厂化养殖罗非鱼是一种较好的选择,养殖的效益也较为可观。在水质条件能持续保持良好的情况下,罗非鱼在高密度养殖条件下生长良好。不过在养殖过程中必须保持人工增氧(充气)和频繁或连续地换水,以保证水中有充足的氧气和清除水中的废物。养殖用水使用后直接排放掉的称之为流水养殖系统,养殖水通过过滤后再次循环使用的称为循环养殖系统。

相对于池塘养殖来说,高密度工厂化养殖有几个优点:较高的放养密度破坏了养殖鱼类的正常生殖行为,雌性和雄性放养在一起也可以长到上市规格。而在池塘养殖条件下,两性混养在一起,会繁殖出大量后代,使得亲本和子代相互竞争食物和生存空间,使生长受阻。在高密度工厂化条件下,生产者可以很容易地控制放养的密度,尽可能地调节环境因子(如温度,溶氧, pH, 废水等),使其发挥最佳潜能,从而获得最大的养殖产量。相对于池塘养殖,高密度工厂化养殖无论是在饲料投喂或收获时,均需要较少的时间和劳动力。而且在用药物治疗疾病时显得经济而且实用。一般来说,工厂化养殖在很小面积的土地上可以获得非常高的产量(也就是说单位面积的产量很高)。

但是高密度工厂化也有一定的缺点:由于养殖的罗非鱼无法摄取在池塘中的天然饵料,因此,在养殖过程中需要投喂富含维生素和矿物质的人工饲料。此外,人工抽水和增氧也在一定程度上增加了养殖成本。循环系统中的过滤系统相当复杂并且价格昂贵,并且需要专人照看。养殖系统中的充气和抽水,在机械故障和电力方面都存在着一定的风险,否则会导致养殖鱼类大量死亡。因此,必须具备备用设备,但同时也增加了养殖成本。在工厂化养殖过程中由于养殖鱼类的密度较高,很容易产生环境应激,导致大规模疾病的暴发。从流水系统中排出的营养物质和有机物也会造成环境污染。

1 养殖的地理范围

能在室外进行高密度工厂化罗非鱼的地理范围主要依赖水温。罗非鱼适宜的生长的温度是82~86°F (27.8~30°C)。低于68°F (20°C)时,罗非鱼生长速度下降得非常快,低于50°F (10°C)时开始出现死亡。低于54°F (12°C)时,罗非鱼失去对疾病的抵抗力,很容易感染细菌、真菌和寄生虫。

在美国的南部地区,一年中罗非鱼可以在室外水池中养殖5~12个月,视不同的地区而定。得克萨斯州和佛罗里达州的最南部是仅有的全年可在室外进行罗非鱼养殖的地区。在其它地区进行养殖时,罗非鱼必须在温室中过冬。

在温带,流水系统只有在那些有地下水可利用的地区才可以使用。因为在冬季,如果加热后的水流过养殖系统后马上就被排放掉,那样成本就太高了。如何有效利用发电厂的余热来进行罗非鱼的养殖是值得进一步研究,并且也非常有前途。

室内循环水养殖系统非常适用于周年进行养殖生产使用,因为房屋的墙壁可以隔热。通过循环系统,加热过的养殖用水也可以保留下来。室内循环系统是非常有前途的,可以推广到整个美国养殖罗非鱼的地区。系统甚至可以设置在市内的某个地方,靠近市场的旁边。

2 流水系统

比较耐用的材料是水泥和玻璃纤维。另外一些比较合适但不太耐用的材料,如用玻璃纤维或环氧油漆包被或涂抹的木头、聚乙烯、乙烯基、二烯橡胶,这些材料制成的系统需要一个支架,铁的、铝的或者木头的均可。不过有一点,所用材料必须无毒、无腐蚀性。材料的内部应该是平坦的,以免划伤鱼体,同时也方便清洗和利于水的流动。而且,所选用的材料必须在安装时必须简便易行,而且经济实惠。

养殖容器的形状可以多种多样,不过最普通的形状是圆形或者矩形。排水沟是方形的,长且窄;圆形的水池为筒状,很深。一般也较为流行,因为它可以自净,如果注入的水是垂直的,在容器中就会形成一个旋流,从而冲刷底部的固体废物并把它们带到设在中间的排水沟。矩形的容器容易建造,但是不易形成水流,注入的水易直接流向排水口,因此也就缩短了在水池中循环的时间。而在水池的其它部分,水几乎是不流动的,废物慢慢积累,溶解氧的含量一般也较低。因此,圆形的容器比矩形的容器为罗非鱼的生长提供了一个更为适宜的生长条件。

一般来说,圆形容器的直径大小可以在 100 英尺 (1 英尺=0.3048 米) 左右,但通常使用的直径大小在 12~30 英尺之间,深度在 4~5 英尺。矩形容器的大小不等,但是排水沟需要一定的尺度要求,以方便进行操作。矩形容器的长、宽、深的适宜比例为 30:3:1。如果水流量有一定的限制,水沟越短越容易提高水的交换量,并且避免养殖的罗非鱼比较过分集中在进水口。

3 排水沟的设计非常重要

对于高密度工厂化来说,排水沟的设计是另外一个需着重考虑的方面。在圆形的容器中,中央沟要求能非常有效地排掉固体废物。水池的水位主要通过设置在中央沟或与中央沟在一条直线上的溢水管来控制。一条大的带有凹口的导管安装在底部用来清除水池底部的废物。导管必须高于溢水管但同时又低于水池壁,以便于当凹口关闭时水可以从导管中流回溢水管中。当溢水管设在容器的外面时,排水口必须安装滤网以防止鱼逃跑。为了防止堵塞,过滤部分可以延伸,套在一个圆柱形固体上,直接伸到容器中。

充气量的大小取决于养殖水体交换的速度。如果水交换的较快,一小时内可以交换四次,放养鱼的密度又较为适中,那么完全可以不需要增氧设备。水中的氧气可以通过水流而得以补充。一般来说,100 英镑 (1 英镑=0.454 千克) 的罗非鱼,需要流水的速度为 6~12 加仑/分钟才能维持其对氧气的需求量 (1 加仑=4.546 升)。为了维持鱼类的良好生长,DO 一般需要维持在 5mg/L。在高密度的高密度工厂化条件下,DO 是一个最主要的限制条件。流水系统的设置,最理想的位置是在河流旁边,通过水的重力作用使其自行流过。但是,在很多地方,最主要的方式仍是通过机械抽水来进行。

如果经常受到蓄水的限制,每天的换水量应严格控制在数次以内,最少每天必须换水 10~15%。在这种情况下,就必须进行人工增氧,以维持正常的养殖密度。水车式、叶轮式增氧机或者底部充气的增氧机都是常用的增氧设备。充气的效果主要取决于增氧机的功率 (每小时增氧机充到水中氧气的质量) 和效率 (每小时每千瓦增氧机充到水中氧气的质量)。需要增氧机功率的大小可以通过增氧机的功率及养殖罗非鱼的消耗量来进行估算。一般来说,在静止的情况下,每 100 英镑的罗非鱼一小时需要消耗 4.5 克的氧气,在摄食或者活动时约为静止时的几倍。例如,一个放养有 1000 英镑罗非鱼的容器,在静止状态每小时消耗的氧气为 45 克,但是最大需求量可能是静止时的三倍 (135 克),主要取决于温度、体重以及投喂频率。在标准情况下 (68°F (20℃), 0mg/L DO), 功率为 1 千瓦的增氧机在中等气泡的情况下,可以向水体中充入氧气的量为 1000~1600 克。然而,在 86°F (30℃), 5mg/L 的溶解氧 (DO) 条件下,增氧机的效率下降到原来水平的 22%。因此,在养殖条件下,1 千瓦的增氧机每小时只能增加氧气 220~252 克。取其平均值 (236 克/小时),考虑到最大消耗氧量 135 克/小时,则需要 0.47 千瓦的增氧机才能维持 (有 1000 英镑罗非鱼的水池) 充足的氧气。

最近一个流行趋势是,在高密度养殖时,向养殖水体中充入纯氧。纯氧从氧发生器、或压缩容器、或者液氧容器中,通过一种特殊的技术直接充到水中后,氧气会立即溶解到养殖水体中去,

以维持非常高的养殖密度。

4 循环系统

通常条件下,循环系统每天可以循环 90~99%的水体。由于水的交换率较小,培育池需要像流水系统那样进行人工增氧。循环系统需要一个沉淀器(澄清器)来清除固体废物(如粪便、未被摄食的饲料),需要一个生物过滤器来清除有毒的物质(如氨、硝酸盐等)。

一般来说,底部为圆锥形,并且在底部中央有排水口的圆柱形沉淀器,或者是矩形沉淀器较为常用,固体废物可以通过水泵抽取或者虹吸的方式加以排除。在进水口处可以设置一个挡水装置以减慢进水的速度,在排水口处可能会有一些浮动的淤泥。如果只有数量较少的鱼种放在沉淀池中(单性,用来保种),它们日常的活动可以带动淤泥集中到水池最低的部位。而且,也不需要投喂饲料,因为它们可以从淤泥或废弃的饲料中获得充足的营养。为了更加有效地清除废物,澄清器需要有一个沉淀(澄清)的过程,约 25~30 分钟,并且最小深度在 4 英尺。

目前,有很多效果不错的生物过滤器,但是它们的原理都是一致的,即提供表面积很大的平台,上面附有大量的硝化细菌,可以把从鱼鳃部排出的氨,转化为亚硝酸盐,进而转化为硝酸盐。硝酸盐对鱼类来说几乎没有毒性,但是氨和亚硝酸盐积累到一定程度就会引起大量死亡。在水中氨的浓度达到 2mg/L 时罗非鱼就会开始出现死亡,在亚硝酸盐浓度达到 5mg/L 时也开始出现死亡。

砂质的生物过滤器,过去用的比较多,现在逐渐被塑料的所代替,因为塑料的较轻,并且容易清洗。生物过滤器一般由两部分组成:蜂窝状支撑部分以及内含环状或一系列片状的圆柱形或桶状生物过滤部分,过滤部分可以漂浮在水面并且可以转动,从而使过滤器交替出现在水中或空气中。不管设计如何,生物过滤器的一般要求为:(1)水中 DO 一般不能低于 2mg/L 或者在 3~5mg/L;(2) pH 值为 7~8;(3)水源要有一定的碱度来缓冲,因为氧化 1 毫克的 $\text{NH}_3\text{-N}$,需要 7 毫克的碱度;(4)有机废物适量(30mg/L),可以很好地澄清;(5)水流的速度不宜太大,以不冲走细菌为宜。

生物过滤器的表面积大小可根据鱼最大产量时产生的氨除以氨的去除速度而定。然而,这个速度有很大的变化,比较难以掌握。在一个罗非鱼生长实验的研究表明,每 100 英镑体重的罗非鱼每天平均可以产生 10 克的氨(4~21 克)。氨的产生主要取决于饲料的质量、投喂频次、鱼体重、水温以及其它一些因子。生物过滤器可以去除氨的速度为 $0.02\sim0.10\text{g}/\text{ft}^2\cdot\text{d}$,主要取决于生物过滤器的基质、过滤器的设计以及其它一些影响玻璃化过程的因子。生物过滤器的体积由生物过滤器的表面积除以基质的特殊面积(ft^2/ft^3)决定。例如,1 英寸的环状物用来设计生物过滤器来满足生产 1000 英镑的罗非鱼,而每 100 英镑的罗非鱼每天可以产生 10 克的氨,因此,每天总共可以产生 100 克的氨。氨的去除速度为 $0.05\text{g}/\text{ft}^2\cdot\text{d}$ 。因此,生物过滤器的表面积需要设计为 2000ft^2 。一英寸的环状物上的特殊面积为 $66\text{ft}^2/\text{ft}^3$,因此,用生物过滤器的表面积除以基质的特殊面积,就可以得到生物过滤器的容积,为 30ft^3 。

5 养殖鱼类种类的选择

在美国,高密度工厂化最多的是尼罗罗非鱼、饰金罗非鱼、佛罗里达红罗非鱼、台湾红罗非鱼以及它们之间杂交的一些品种。种类的选择,主要考虑实用性、合法性(生物安全)、生长速度以及对温度的耐受程度。一些州禁止养殖某些特定的种类。尼罗罗非鱼,在热带地区生长速度最快,但对温度的要求非常严格;佛罗里达红罗非鱼生长速度和尼罗罗非鱼相差不大,并且带有艳丽的橘红色;饰金罗非鱼在热带条件下生长速度最慢,但它可以耐受低温。在温度低于适宜温度的条件下,其生长速度最快。

6 繁殖

把雌雄亲鱼放养在一起 10~20 天后,初孵仔鱼就会成群出现,此时可以用抄网把仔鱼捞出后,转移到专门的培育池进行培育。在捞取仔鱼时避免把后面产的卵一起捞走,否则产量就会下降。在这种情况下,最好能排干水池,把所有的仔鱼全部转移,然后再进行下一次的产卵。

在水池中设置一些网围可以使鱼苗的培育得到更多的控制。通过网围,鱼苗可以在规定的时间内转移,并且保证鱼苗规格大小基本一致,减少相互残食行为,而且也不用每次都排干亲鱼池的水。网围可以是任何形状,不过一种比较方便形状是长:宽=高=10:4:4(英尺)。这种规格正好放在直径为 12 英尺的水池中。网围一般由尼龙网制成,网目大小为 1/16 英寸。

把原来分开养殖的雌雄亲鱼一起放置在网围中,就开始进行繁殖了。为了得到大量的仔鱼,雌雄比例为 2:1 较为合适。合适的放养密度为 0.5~1.0 尾/平方英寸。亲鱼需要投喂高质量的饲料,每天投喂量为其体重的 2%。所有的仔鱼在它们出现后的几天内要全部转移。这可以通过沿着网围的长边拉动一个直径为 4 英寸的 PVC 管,把亲鱼和仔鱼集中在网箱的一端,亲鱼用一个大网目的抄网捞取,放在一个小的容器中;仔鱼用小网目的抄网捞取后转移至培育池继续进行培育。每条亲鱼用手捉住后,在水下使其口张开,取出里面的仔鱼、带卵黄囊的仔鱼以及一些可能可以孵化的卵。仔鱼转移至培育池进行培育,同时带卵黄囊的仔鱼和卵则移至专门的孵化桶中进行孵化。这种方法每天每平方英尺可以产生 3 条鱼或 3 个受精卵(包括带卵黄囊的仔鱼)。

7 仔鱼培育管理

放养密度对仔鱼培育来说非常重要。在整个培育过程中,放养密度要定期减少,以降低养殖密度、保持良好的水质以及充分利用水池的养殖空间(表 1)。一般来说,在初始阶段,放水仅占容量的 1/10 的做法是不经济的。当密度变的较高时,可以把鱼分成两部分,转移到新的培育池继续培育,或者通过调整池内网围的大小来获得更大的培育空间。矩形的水池或者水沟,一般来说比较容易在同一个水池中养殖几种规格的鱼苗。然而,鱼苗或者小的鱼种都要分开培育,因为他们需要较好的水质。在每次分苗和移池时,最好能分筛出 10% 左右的生长速度较慢的鱼苗,因为这些鱼苗很难长到市场要求的规格。如果法律允许的话,挑选出来的鱼可以作为钓鱼饵出售。一般来说,罗非鱼的宽度在 25/64、32/65、44/64 和 89/64 英寸时,其体重分别为 5、10、25 和 250 克。

整个生产周期的最高死亡率出现在鱼苗培育期(约 20%),主要原因是相互残食。随着鱼苗

的生长, 体质也变的越来越健壮, 死亡率在以后的每个阶段也逐渐下降, 以至于在最后的养成阶段, 死亡率一般都不超过 2%。

鱼苗时期主要是投喂全人工粉状饲料 (粗蛋白 40%), 通过自动投饵机全天不间断地投喂。在刚开始阶段, 理想条件下 (良好水质, 温度 86°F (30°C)) 每天的投喂量为体重的 20% 左右, 30 天后逐渐减少到 15%。这段时间内, 鱼苗生长的非常快, 每 3 天体重就可以增加 50%。因此, 每隔 3 天, 在称取少量样本体重的基础上, 日投饵量就要调整一次。如果鱼摄食的活力下降, 投喂量立刻就要减少, 并且立即对水质进行检测 (包括 DO、pH、NH₃、NO₂⁻)。

鱼种阶段 (1~50 克) 饲料的粉碎粒度可以逐渐增大。因为此阶段鱼生长迅速, 也需要不间断地进行投喂。在这一阶段, 饲料逐渐转变为浮性颗粒饲料, 以便于观察鱼类对饲料的反应情况。鱼种阶段蛋白质的推荐使用量为 32~36%, 更大一点推荐使用量为 28~32%。调整饲料投喂量的间隔也不需要那么频繁了 (可以改为每周一次), 因为体重的相对增重率逐渐下降。当体重达到 1 英镑时, 体重的增加每天仅为 1%, 然而此时体重的绝对增重率却上升很快。

在成鱼阶段, 每天的投喂量可以为 3~6 次。如果饲料不能很快被摄食 (一般 15 分钟以内), 投喂水平就要减少。DO 水平的下降严重影响到摄食的活力。虽然, 一般来说, 水池中的 DO 是逐渐下降的, 但间隔投喂为下次投喂前 DO 的升高留有了—定的时间。此时连续投喂会使罗非鱼的攻击性提高, (部分鱼) 会整天守候在摄食区, 从而使养殖鱼类的规格不一致。使用高品质的饲料, 配上特定的投喂技术, 1 英镑左右的罗非鱼, 饲料系数平均在 1.5 左右。

在水流 6~17 加仑/分钟下, 每立方英尺可以生产 3~6 英镑的罗非鱼。月产量约为 0.4~0.6 英镑/ft³。一般来说, 流水系统中的产量会更高一些。增加渔业投入量会提高鱼产量, 但这种方法不一定经济。

表 1 不同规格的罗非鱼推荐放养密度和投饲率以及估算的生长速度

放养密度 (尾/m ²)	初始体重 (g)	终末体重 (g)	生长速度 (克/天)	生长周期 (天)	投饲率 (占体重%)
8000	0.02	0.5-1.0	—	30	20-15
3200	0.5-1.0	5	—	30	15-10
1600	5	20	0.5	30	10-7
1000	20	50	1.0	30	7-4
500	50	100	1.5	30	4-3.5
200	100	250	2.5	50	3.5-1.5
100	250	450	3.0	70	1.5-1.0

资料来源: James E Rakocy. Tank culture of Tilapia. Southern Regional Aquaculture Center, No.