

鱼菜共生基质培计算模型

Wilson Lennard 博士 作 / 开源鱼菜共生 译

2.0 版 2012 年 5 月

欢迎使用2.0版玩乐型鱼菜共生基质培计算模型。新版本有如下改动：第一，两个输出值被移除了，包括硝化床容量和茄果作物种植床表面积。移除硝化床容量的原因是，当使用UVI喂食比例和30厘米深种植床时，所输出的种植床表面积永远能满足硝化需求。移除茄果作物种植床表面积的原因是，叶菜类种植床是最常用的，而如果在其中种植茄果，那么相对叶菜低得多的种植密度，意味着在绝大多数情况下种茄果也同样没问题。

本次升级的主要内容是改进了矿化鱼粪所需种植床表面积的计算。在第一版中，由于应用了复杂的对数算法，当养殖密度较低时产生了一个漏洞，表现为输出值矛盾，有时养殖密度调高，所需矿化表面积反而下降。这个问题已被纠正，2.0版中不再有此漏洞，所需表面积会随养殖密度升高而升高。另一个改变是，UVI的喂食比例被稍稍调整了。这是因为对于鱼粪留在基质床中矿化所得到的养分量有了更多的研究认知。

这个使用说明文档也基于以上所述的改变有了一些小小变化。增加的主要内容是在基质床中加入蚯蚓“可能”或“可能不会”影响鱼粪在基质床中的分解和矿化能力。

希望这个计算模型能够帮助你设计玩乐级鱼菜系统。

引言:

很多后院、爱好、和家用鱼菜系统使用者、设计者和建设者对于鱼池尺寸和基质床（碎石、陶粒等）尺寸的比例感到困惑。有许多鱼池基质床比的所谓“黄金准则”，但那些都不是基于科学、技术或工程原理。这个文档和计算模型是希望提供一个可用的方法和模型，以指导任何一个爱好者或家庭级鱼菜系统用户或设计者去设计和计算系统尺寸。这个模型以及它产生的输出值是基于被广泛接受和公认的、与鱼菜系统设计直接相关的科学和工程学原则

此模型的传播:

任何想要使用这个模型的人都可以**免费**使用它，可以在 www.aquaponic.com.au 和其他网站下载。这意味着这个模型可以在用户间高效分享，欢迎你自由的传播它，但不得修改。任何个人、组织或团队不得出售这个模型和其相关信息（如：使用方法...）这个模型有公制和美制两个版本。我的唯一要求是，当你在多用户情况下使用它时（如课堂、或你是一个系统销售公司），你应恰当地鸣谢我为这些文档的作者和传播者。

模型:

这个文档相关的计算模型，是一个基于数个重要输入值计算得出基质床面积的工具。另外，这个模型也提供几个其他输出值。基本上，这个模型会为你计算出基质床的表面积，取决于你希望它用于硝化、鱼粪矿化、种植床、或者是兼具以上所有功能。这完全取决于你去决定哪个尺寸最适用于你的情况。然而，推荐使用此模型得出的最大面积作为你系统的最佳选择。

鱼菜共生基质培计算模型（2.0版）			
Wilson Lennard博士 作 / 开源鱼菜共生 译			
输入		输入备注	
鱼池容量（升）	1,000	所选鱼池的水容量	
养殖密度（公斤/立方）(6-17内)	7	预想中鱼池内鱼的密度(最多 17公斤/立方)	
日喂食率(系统总鱼体重的百分比)	1	日喂食率(鱼总体重的百分比) (1-2%之间)	
蛋白质含量 (%)	32	鱼饲料的蛋白质含量 (一般肉食鱼为 45%, 杂食鱼为32%)	
比表面积 (平方/立方)	300	所选基质的比表面积 (石粒 = 300, 陶粒 = 250, 火山石 = 400)	
输出		输出备注	
所需流量 (升/小时)	109	种植床所需的每小时水流里	
矿化所需的种植床表面积 (平方)	0.4	矿化鱼粪所需的种植床表面积(30厘米深时)	
建议鱼池容量（升）	1,153	基于涨潮时水里损失补偿所需的建议鱼池容量	
种植床表面积（平方）	1.5	根据UVI比例而得的种植床总面积（30厘米深）	

组件比例 - 所需种植面积:

人们常常认为鱼菜系统的比例是在鱼池容量和种植床面积或体积之间。然而，这是错误的。这个比例实际上在于每日的喂食量和种植床的表面积。这是经过James Rakocy博士以及其同伴在uvi大学多年的鱼菜深水培研究而确定的一个每日喂食量和种植面积范围比。

本模型中使用的uvi比例是:

1. 60克/平方/日

可以清楚的看到，种植面积与每日喂食量是直接相关的。这个比例也同样适用于庭院型和玩乐型基质培鱼菜，因此，基于uvi比例所需的种植面积，此计算模型可使你计算出种植床的大小。uvi模型是基于食用32%蛋白质饲料的鱼（如罗非）。然而，许多鱼池中养殖的鱼类食用高蛋白饲料（45%）。因此，当选择高蛋白鱼饲料时，计算模型中的uvi比例将被校准。另外，大多数庭院和玩乐型鱼菜系统使用基质床为物理过滤和鱼粪矿化，这个方式将为系统供应更多养料（uvi系统非常快速移除系统中大部分鱼粪）。因此，当计算种植面积时，考虑到鱼粪的养分，喂食量和种植面积比同样被校准。

组件比例 - 所需硝化床:

在庭院和玩乐型鱼菜系统中，基质床同样也是主要的硝化场所；硝化细菌帮助转化可能的有毒鱼排泄物氨为无毒的硝酸盐。在实际应用中，硝化床面积一般跟庭院和玩乐型基质培鱼菜系统是无关系的，因为根据uvi比例，种植床中的基质永远超出硝化所需的基质量，硝化基质量的需求永远是满足的。

组件比例 - 所需鱼粪矿化床:

uvi的设计 (http://www.uvi.edu/sites/uvi/Pages/AES-Aquaculture-International_Aquaponics.aspx) 或鱼菜系统实际上移除大部分鱼粪。这是由于鱼粪需要时间去分解，而当它分解时会消耗溶氧。这意味着细菌对鱼粪的分解（也称矿化）实际上与系统中的鱼在竞争氧气。通过移除鱼粪，uvi系统降低了系统内溶氧的竞争以满足鱼的需求。

许多庭院和玩乐级鱼菜系统并不分离鱼粪，而它们往往最终留在基质床中与植物作伴。与许多人说的一样，基质床是一个鱼粪矿化过滤器，而鱼粪会随着时间推移在其中分解或矿化。潮汐基质床实际上与往复式垂直人工湿地有同样的工作原理，它同样利用潮汐的方式，也有很高的处理能力来矿化大量固体废物。因此，基质床能够也应该起到同样的作用。然而，许多往复式垂直湿地比30厘米深的基质床更深。所以，一般这种较浅的方式所需的表面积是大于标准往复式垂直湿地的。另外，种植床顶部几公分永远是含氧量最高的区域，因此矿化能力最强。如果我们希望使用基质床作为矿化床，那么它应该有足够的表面积以使矿化细菌有效工作。

我们希望在基质床中建立的矿化菌族群天然偏爱氧气（好氧）。然而，鱼粪矿化往往在种植床深处发生。一般当种植床被填充更多鱼粪，它的底部实际上变成厌氧环境（缺氧），这时厌氧矿化产生了。对于鱼菜系统中的厌氧区域，我们必须十分小心，因为这些区域会释放气体和化学物质，它们可能对系统中的生物有害，如鱼、植物和好氧菌。

因此，在鱼菜系统中应促进好氧环境而非厌氧环境。这就是为什么水是潮汐运动的，因为落潮时大气中的氧气被吸入基质床深处，使得更多的种植床区域进入好氧矿化模式。

最后一个理解鱼粪矿化量的因素是，我们总是假设鱼粪是均匀分布在基质床表面的。这是一个很重要的基质床尺寸计算因素，因为很多鱼菜基质床中，鱼粪并不总是均匀分布在整個基质床表面的。当只有一个或几个进水点时，鱼粪是非常难以均匀分布到整个表面的。往复式垂直湿地往往使用分布式进水和流量机制以尝试将固体废物均匀分布于整个处理床表面。分布式进水管一般较昂贵、不美观以及碍事，所以一般不在鱼菜基质培中使用。这意味着基质床的表面积变得更加重要。由于鱼粪常常只在一个点进入种植床，这个模型也因此做了校准。

这个模型校准计算输出的是30厘米深基质床在好氧矿化条件下所需的表面积。这不是说较浅的基质床不起作用；他们确起作用。然而，30厘米深基质床已经成为行业标准，因此这个模型使用它，因为它是最常用的深度。这个模型的输出值是基于系统的矿化需求，如果在基质床前端没有任何物理过滤，那么当这个输出值大于其他输出值时，它应该被优先采用。

使用计算模型 - 输入格:

这个模型需要5个不同的输入值以计算基质床的过滤能力和种植面积。这些输入格是绿色的，用户可以轻易辨别。另外，这些绿色格子是唯一允许用户进行修改的。

鱼池容量

第一个输入格是鱼池容量，它是你希望使用的鱼池尺寸。你以升为单位输入鱼池容量。这只是一个起点，因为这个模型实际上随后会输出一个矫正后的鱼池尺寸。

养殖密度

描述水产养殖的标准用语是养殖密度，或者公斤鱼/立方水（1立方等于1000升）。标准庭院或玩乐型鱼菜系统的最高养殖密度一般为25公斤/立方（10公斤/立方以上的密度需要增氧）。这是因为当密度更高时，需要更高的水流量。因为大多数庭院和玩乐型鱼菜友主要是对植物感兴趣，鱼数量限制一般不是个问题。对于庭院或玩乐型鱼菜系统，我推荐的养殖密度为6-17公斤/立方。对于高于17公斤/立方的养殖密度，这个模型也同样适用，然而你会注意到，当密度大于17公斤/立方时，所需的矿化表面积将超过所需种植表面积。只要你选择较高的输出值，这也是可以的。

日喂食率

每日喂食率应该基于鱼池中鱼的总重量。根据鱼的生长阶段，它们进食量与体重的比例不同。对于这个模型，算式是基于系统能够容纳的最大鱼总重，因此，每日最大喂食率是基于成鱼，它们每日可以进食自身体重的1-2%。一般对于成鱼，我推荐的每日喂食率为1%，当然这取决于鱼的种类。

饲料蛋白质含量

大多数庭院和玩乐型鱼菜系统中的鱼食用商业颗粒饲料。鱼一般分为两类：

1. 肉食性- 主要食用其他鱼类或动物
2. 杂食性- 主要食用植物

肉食性鱼需要高蛋白饲料 (45% 蛋白质含量) 而杂食性鱼需要低蛋白饲料(32%蛋白质含量)。饲料的蛋白质含量直接关系到鱼的可溶排泄物；高蛋白饲料比低蛋白饲料产生更多的排泄物。

这个模型需要输入饲料的蛋白质含量以进行计算。

例举高蛋白需求鱼类:



- 虹鳟
- 墨瑞雪
- 盲槽

例举低蛋白需求鱼类:

- 罗非
- 宝石鲈
- 鲤科鱼

大多数高蛋白饲料含量在45%，而低蛋白饲料为32%。当你输入蛋白质含量时，这个模型会以此自行校准。

基质的比表面积

转化溶解和固体排泄物的细菌需要空间生长，而它们生长于基质床中基质的表面（如碎石）。鱼越多，喂的饲料越多，产生的排泄物越多。鱼的每日排泄量是可以预测的，而我们可以以此计算需要多少基质。然而，我们需要知道一定量基质有多少表面积，这样我们才能计算所需的基质体积。

基质表面积和体积的比被称为比表面积，以平方/立方衡量（或表面积/体积）。所有商业滤材都会标示比表面积。碎石和其他基质的比表面积有波动。如果可能，应测量基质的比表面积，然而一般这是非常困难的。大多数碎石的比表面积是300平方/立方，因此它是常用的比表面积输入值。如果你想使用的基质有标示比表面积，那么你应该用它作为输入值。

当以上所有输入值都被填满时，模型中的输出格将自动输出计算结果。

使用模型 – 输出格:

输出格给出模型计算的答案。有几个不同的输出结果，你需要根据你特定的系统来作出选择。

所需流量

这个输出给出了基质床所需的流量，单位为升/小时。这个流量将保障系统内积累的氨被及时处理而避免影响鱼类。如果使用24小时长流水，那么这个输出值就等于你所需的水泵流量。然而，如果使用定时潮汐（在基质培系统中常用），那么在定时开的时段内，这个流量必须进入种植床。例如，如果模型告诉我们需要600升/小时，而我们每小时只开10分钟水泵，那么我们需要一个能在定时开的10分钟内达到600升流量的水泵，所需的水泵流量就是3600升/小时。这个输出值也适用于使用虹吸钟的潮汐系统。在这种情况下，水泵永远是打开的，那么流量达到或超过输出值时就可以满足所有的过滤需求。

矿化所需种植床表面积

对于使用基质床为主要种植床、并且在鱼池与基质床之间没有移除任何鱼粪的庭院和玩乐级鱼菜系统（例如：最简易的潮汐基质培系统），这是模型中一个重要的输出值。这是因为此输出值给出的是满足系统鱼粪分解和矿化的理想表面积。在养殖密度低于17公斤/立方的情况下，这个输出值一般会等于或低于uvi模型所需的种植床面积（见下文）。然而，当养殖密度高于17公斤/立方时，处理所有鱼粪所需的表面积往往会大大超出uvi的比例要求。简单的改变养殖密度输入格的值就可以看到这一点。大多数的家庭鱼菜系统在低密度养殖情况下运行（低于15公斤/立方），因此一般而言，使用uvi的比例时，鱼粪矿化所需的面积是足够的。

虽然这个模型所输出的值可以满足完全矿化的需求，我们仍然强烈建议定期维护基质床，特别是当养殖密度高于10公斤/立方时。基质床的维护包括使用系统的水温和清洗基质以移除堆积的废物。根据养殖密度，应每3-6个月清洗一次；密度更高时应更勤清洗。用系

统内的水清洗可以使基质表面的细菌免受影响。**不要使用任何化学物品或清洁剂清洗基质。**一般使用洗石器进行清洗，这样不用搬动种植床中的基质。

鱼粪矿化和引入蚯蚓:

很多人现在引入蚯蚓以帮助分解鱼粪。1.0版本收到最多的批评就是，由于没有考虑到蚯蚓，矿化所需基质床表面积过分夸大了。确实，我设计此计算器时并没有考虑引入蚯蚓。然而，确实应该考虑一下，蚯蚓究竟实际能干什么。当蚯蚓被引入基质床，他们**确实**消耗鱼粪，就好像他们在大地中消耗土壤或蚯蚓农场中消耗垃圾。**但是**，消耗土壤或堆肥垃圾产出了什么？产出之一是蚯蚓茶或蚯蚓液，进食后的液体排泄物。另一个更重要的成分是，蚯蚓粪。这些蚯蚓粪一般被认为是类土壤物。当蚯蚓食用鱼粪，他们也产出蚯蚓粪。因此，虽然蚯蚓确实消耗鱼粪，它们自身也产出粪便，所以我们必须仔细和正确的计算基质床面积，以分解和矿化这些蚯蚓粪。与无蚯蚓的系统一样，分解和矿化鱼粪、或蚯蚓粪、或两种粪一样需要细菌，我们一样需要足够的表面积和体积才能给这些细菌提供足够的空间来完成它们重要的工作。在任何情况下，细菌分解蚯蚓粪的速度确实高于鱼粪。然而很多人使用这些蚯蚓粪（来自蚯蚓农场或堆肥）为育苗基质（例如，Growing Power的方式），而这些人会告诉你，这些蚯蚓粪与土壤十分类似并会存在相当长的时间。

几乎没有科学数据告诉我们蚯蚓食用鱼粪后造成的粪便量差。我的意思是，如果你喂蚯蚓1升鱼粪，会产生多少升蚯蚓粪？因为我不能找到全面科学的数据，我假设了1:1的比例，即：1升鱼粪会转化为1升蚯蚓粪（用这种方式是为了保险，这样万无一失）因此，虽然在基质床中引入蚯蚓有可能帮助分解鱼粪，但我不能假设以下几点：

1. 蚯蚓会食用所有鱼粪
2. 蚯蚓食用了所有鱼粪并且自身没有产生排泄物
3. 蚯蚓排出的蚯蚓粪比鱼粪能够更快的通过细菌被矿化.

因此，2.0系统的算法在分解和矿化鱼粪所需基质床表面积方面并没有做出改变，不论有或没有蚯蚓。

建议鱼池容量

在涨潮阶段，水从鱼池流出并需要一定时间才能返回，建议鱼池容量的输出值就是为了补偿这个水量。如果涨潮阶段鱼池中剩余的水量不足，鱼可能受到伤害。许多庭院和玩乐级鱼菜系统使用其他设备（如虹吸钟）和回水池设计，这样鱼池中的水量就会保持平稳。在这种情况下，你应该使用你输入的原始鱼池容量值。

是否选择使用从鱼池直接上水（这样在潮汐周期中，鱼池中的水量被转移走）最重要的考量是：每个潮汐周期中，从鱼池转移入种植床的水量不能超过鱼池容量的25%。例如：如果使用100升（250加仑）的鱼池，那么在涨潮期，鱼池中的水量不得低于750升（185加仑）。

模型中的建议鱼池容量包含了涨潮时损失的容量，以此提供理想的鱼池容量。在实际应用中，大多数的基质培鱼菜系统有足够的鱼池容量，在涨潮期并不会损失过多的水量。

种植床表面积（uvi喂食比例）

这个输出是指根据uvi模型得出的所需种植床表面积。

如上文所述，在较高养殖密度情况下（高于17公斤/立方），这个面积常常低于矿化鱼粪所需面积。使用基础版潮汐基质培鱼菜系统的情况下，当矿化所需表面积高于种植所需表面积时，应选用矿化所需表面积。

由于大多数庭院和玩乐级鱼菜系统在种植床前端并不移除鱼粪，随着时间推移，分解的鱼粪供应了额外养分，因此这个模型校准了uvi的喂食比例。另外，uvi模型是用于食用32%

蛋白质饲料的鱼。当用户输入特定鱼饲料蛋白质含量时，此模型针对蛋白质含量自动校准UVI喂食比例，因此更高的蛋白质含量需要更大的基质床面积。

备注列:

此模型包含一个备注列，简短介绍了对应输入和输出值的含义。

利用此模型计算深水培系统所需的基质床面积:

许多家庭鱼菜系统设计者现在想用深水培作为主要的种植手段，而仍然希望用一个小型基质床作为过滤设备。在这些案例中，基质床是作为鱼粪分离（物理过滤）和矿化床。在这种情况下通常更实际的做法是使用更深的基质床，因为这种方形和正方形容器更容易获得。

此模型中的矿化鱼粪所需表面积算法是根据30厘米深基质床而校准的。然而，这并不意味着你不能使用更深的基质床来矿化，特别是当基质床和其他水培技术混合使用时（深水培，管道培等等）。上文中已经解释过，好氧矿化与表面积直接相关，因为多数的好氧矿化过程发生在氧气充足之处。因此，你应总是使用此模型输出的矿化所需表面积为最小基质床面积。如果你使用比30厘米更深的基质床来过滤和矿化鱼粪，这没问题，但永远要满足此模型输出的矿化所需最小表面积。

结论: :

这个文件以及计算模型是用于方便人们计算庭院和玩乐级鱼菜系统的尺寸。它**不是**用于商业级鱼菜系统，那需要更针对性的设计和计算。

这个模型可以基于鱼池容量、养殖密度、喂食率和饲料蛋白含量来计算基质床的尺寸。建议选用此模型输出的最大基质床面积。

这个模型仅供参考，使用所述参数得出的基质床尺寸适用大多数情况。希望它将给庭院和玩乐级鱼菜系统设计者一个可用的工具，使大家可以基于理想的科学和技术原则计算鱼菜系统的尺寸。

另外，这个模型可以让你计算你现有鱼菜系统所应容纳的最高养殖密度，这样你能让你的系统维持在鱼粪矿化能力和uvr种植床比例的限制内。以此为目的使用这个工具时，只需在模型中输入不同的养殖密度，使用你系统的鱼池容量，得到匹配你现有基质床面积的最高养殖密度。

鱼菜快乐。

Wilson Lennard博士 2012年5月

www.aquaponic.com.au

邮箱: wilennard@gmail.com

电话: +61 3 409542621