

## **补充饲料处理，包括饲料补充指南和应用。**

饲料补充剂，例如有益微生物、生物炭、腐殖酸盐、糖蜜、岩粉、海藻等，以及种子，通常与饲料混合，可以喂给牲畜。这些补充剂可以改善牲畜健康，促进植物生长，促进土壤生命力，改善土壤结构和肥力，并带来经济效益。

牲畜负责将补充物和种子散播在粪便中。蜣螂、蚯蚓、微生物，以及某些地方的白蚁，会进一步将补充的粪便散播并深层吸收到土壤中。蜣螂和蚯蚓形成的包含补充粪便的通道，将改善养分的有效性和土壤结构，增强空气和水分的渗透性，促进根系更深更广的生长，从而促进植物生长，促进有益土壤生物的繁茂生长。

牲畜可以对牧场、休耕地、果园和退化土地等区域进行处理/播种。这可以改善土壤，建立或增强植被，其累积效应将增强生态系统健康、提高牲畜生产力和经济繁荣。

补充饲料处理与整体计划放牧配合效果最佳。整体计划放牧是指将牲畜集中到小区域，对特定区域进行处理，并经常轮换，而不是固定放牧。重复处理可实现累积改善。为了达到最佳效果，可能需要持续监测和调整。

几乎普遍的原则是，改善大多数土壤的最佳方法之一是添加有机物（含碳物质）。有机物通常可以提高土壤肥力和结构，从而改善空气和水的平衡以及根系的穿透性。土壤中的有机物主要来自植物根系分泌物、菌根真菌等土壤生物以及动植物物质的分解。所有这些都来自大气中的二氧化碳。快速生长的植物（高生物量植物）加上多样化的植物种类，可以固定更多的碳，从而向土壤中添加更多的碳，进而改善土壤，促进植物生长，进而向土壤中添加更多碳，如此反复，形成一个协同过程。

虽然补充饲料处理技术注重巧用而非徒劳，它充分利用了牲畜和土壤生物的自然活动，但仍需要投入一些时间、金钱和人力。尽管如此，将SFT与HPG相结合，应该能够在相对较短的时间内产生协同效应和持续效益，远远超过成本。

这里提出的一些建议只是推测，需要进一步研究，但是，自从我在 2010 年 11 月首次在我的 reforestation.me 网站上发布这些想法以来，已经有越来越多的研究和农场实践证明其中许多技术是有效的。

明智的做法是自行研究，例如，只需输入“可以在牲畜饲料中添加粘土吗？”之类的查询，就能返回人工智能摘要，通常效果不错。如需更深入的研究，请搜索谷歌学术，并输入关键词，即可直接找到科研论文。即便如此，研究仍然有限，尤其是在补充剂联合使用时，其相互作用的研究尤其有限，因此建议谨慎使用，初期少量使用，只有当结果看起来总体有益时，才增加补充剂的用量。

## **利用动物传播补品和种子**

大量活跃的动物聚集在一起，将补充的粪便沉积并分散开来。蜣螂随后会挖隧道，将补充的粪便埋入地下 30 厘米甚至 100 厘米深的地下。它们的影响范围直径可达 90 厘米左右，因此，平均间隔 100 厘米或更短的粪便沉积物就能实现合理的分布。蜣螂的隧道很可能持续 10 年以上，并形成根系生长以及水和空气渗透的通道。它们还能增加底土的渗透性，促进更深层的生物活动和根系生长。蜣螂的活动将底土带到地表，并掩埋表土，从而混合土壤。粪便被快速掩埋，几乎不会因挥发、淋溶或地表径流将养分流失到水道和湖泊中。

杜贝博士总结道：“蜣螂、深根性多年生植物以及有管理的零星重度放牧，有利于提高农场盈利能力，并有利于在土壤深层储存碳。”他还估计，引入蜣螂几乎可以在任何土壤中增加 20-40% 的根系，并使干物质产量至少增加 20%，同时牲畜承载能力也会相应提高。

蚯蚓还会挖隧道并传播补充的肥料，同时使正在生长的幼苗更容易获得营养（通过研磨和消化道中的细菌的作用，蚯蚓产生的粪便中的营养物质更适合植物吸收和生长）。

蚯蚓活动还能改善土壤结构，缓解土壤板结。在世界某些地区，白蚁还会将粪便混入土壤中。

补充饲料处理后，尤其是当其中包含种子时，牲畜需要隔离一段时间，直到植物生长或恢复，甚至可能要隔离足够长的时间才能为下一代提供种子。杂草、兔子或其他害虫以及火灾可能需要控制。

给牲畜喂食土壤改良剂和种子的首要原则是“不伤害”（对动物或环境），最好是健康的，或者至少是无害的。这里建议的一些材料尚未得到充分的科学研究，一些建议的剂量也只是推测，因此应咨询当地的兽医、动物营养学家和土壤学家。

土壤测试有助于发现哪些养分缺乏，从而决定使用哪些营养补充剂。测试还需要考虑哪些养分对牲畜有益，以及施用量和比例。少量添加严重缺乏的养分可能会产生意想不到的良好效果。这并非总是必要的，因为土壤寿命的增加会使现有土壤养分更容易被植物生长利用。叶面喷施缺乏的养分比粪肥更快，覆盖更均匀，因此是一个不错的起始选择。建议咨询当地土壤专家。

### **诱惑人们吃补品。**

为了吸引牲畜食用补充剂/种子，可能需要添加糖蜜或其他糖浆，例如甘油、原糖或海盐，用温水稀释后混入饲料中。其他可选的配料包括各种麦芽、酵母和苹果醋。

### **营养丰富的饲料。**

可以建立一个饲料生产区或饲料库，种植适口性好且营养丰富的饲料（割草搬运系统）。饲料库可以采用滴灌和高施肥技术，提供所有主要营养成分和微量元素，并特别关注当地可能缺乏的营养成分。营养成分可以来自有机或无机来源，具体取决于成本、供应情况或个人喜好。当这种营养丰富的饲料喂养牲畜时，不仅应该对牲畜有益，而且这种益处还应该惠及土壤生物和植物。饲料植物的选择应基于当地气候、土壤类型以及当地建议。

给牲畜喂食补充饲料可能需要农民的监督，以确保饲料在各个牲畜之间均匀分布。

另一种制作美味饲料的方法是用大麦草或玉米等植物的发芽种子，例如在托盘中发芽的种子。这种方法也被称为水培饲料。托盘中可以添加一些添加剂，例如生物炭，或者玄武岩等岩石粉末和腐殖酸盐，然后将发芽的种子放在托盘上。发芽的种子有助于解决季节性饲料短缺的问题。

另一种选择是固氮的满江红，一种富含蛋白质且营养丰富的浮水蕨类植物。满江红可以只用粪肥种植，也可以在水中添加合成肥料，例如过磷酸钙、钾肥或完全可溶性肥料，以提高产量和营养。低氮配方肥是最好的。

### 肥料。

粪便产量应占饲料消耗量的80%左右，大部分粪便会在24至48小时后排出，但最多可能需要96小时。因此，应在牲畜处理某个区域前24至48小时补充粪便。每头牲畜每24小时的粪便沉积量可能高达5至12次。对于一匹体重500公斤、圈养或饲养的马来说，其粪便产量可能高达每年两吨干物质，但对于一头在不太理想条件下饲养的奶牛来说，其粪便产量可能仅为每年1吨干物质或更少。在尼日利亚，每头补充饲料的成年山羊每年每头可产生138公斤干物质。

### 补充剂。

总体建议是，在大多数情况下，给牲畜饲喂营养丰富的饲料，并添加生物炭和腐殖酸盐，会产生积极的效果。在大多数情况下，有益微生物和种子也值得尝试，但效果不太可预测，可能需要反复处理才能成功。

**满江红。**满江红是一种浮水蕨类植物，具有固氮作用，富含蛋白质和营养成分。满江红对大多数牲畜（包括大多数哺乳动物）、家禽和鱼类都具有良好的食用价值。它最适宜在半遮荫环境中生长，在热带地区可以全年生长。在热带地区，最常见的是红掌满江红。在气候较冷的地区，满江红可以在一年中较温暖的季节生长，而红掌满江红则生长在较冷的季节。是更耐寒。它可以在池塘、水坝或大型容器中生长。喂食动物前，应先用清水清洗，尤其是在使用粪便作为肥料的情况下。

几个世纪以来，满江红一直为水稻种植提供氮元素，并在东非和东南亚地区作为牲畜饲料日益受到欢迎。用满江红喂养牲畜还可以减少温室气体排放。在一年中牧草以干粗饲料为主、缺乏蛋白质的时期，满江红可作为一种易于消化的蛋白质来源。目前，满江红主要生长在热带地区，但红藻（*A. filiculoides*）在夏季温暖至炎热干燥的气候条件下也大有用途。在这些地区，满江红可以在阴凉处生长，并有助于弥补季节性饲料短缺。满江红还可以制成青贮饲料，或干燥后储存。

**有益微生物。**这些包括固氮细菌、菌根真菌、球囊霉属（*Gliomus* spp.）等。菌根真菌与植物共生，以植物根部分泌的碳水化合物为营养。它们蔓延的菌丝占土壤碳的大部分，通过形成团

粒改善土壤结构，最终形成腐殖质。

菌根真菌增加根系与土壤的接触面积，改变根系结构，从而改善植物对养分（尤其是磷）和水分的吸收，从而促进生长和提高抗旱能力。植物的生长速度可能提高10–20%，甚至更高。

哺乳动物和鸟类似乎是菌根真菌的有效传播媒介。澳大利亚的一项研究发现，17种小型哺乳动物中，有12种的粪便样本中57%含有孢子。接种实验表明，孢子通过动物体内成功定植于寄主植物幼苗的根部。大型动物，例如沼泽沙袋鼠，也已知会食用并传播菌根真菌的孢子；而食用过真菌的动物的澳洲野狗，会通过粪便将孢子传播数公里，最远可达十公里。蚯蚓也能传播微生物。

固氮细菌是另一种有益的微生物。用固氮细菌包被豆科植物的种子是一种常见的做法，具有巨大的经济效益。种子和孢子混合在一起，也可以喂给牲畜，并由牲畜传播，效果可能有所不同。

可以将几毫克甚至几克的有益微生物孢子与适当的种子（以及可能缺乏的微量元素、生物炭、腐殖酸盐和稀释的糖蜜）混入饲料中，然后喂给动物以分散它们。

将稀释的糖蜜、孢子和生物炭混合，放入容器中剧烈搅拌，然后直接喂给牲畜或添加到饲料中。理论上，孢子可以在生物炭（或许还有腐殖酸盐或粘土）的微孔深处找到庇护，从而提高通过动物肠道的存活率，进而在粪便沉积物中存活得更好，最终接种到土壤中。如果添加种子，那么发芽的幼苗的根部将为微生物提供宿主。

另一种可能性是给牲畜喂食益生菌孢子。这不仅可以改善消化能力和生长速度，还能有益于土壤（例如枯草乳杆菌和啤酒酵母），以相同成本获得双重效益。

向土壤中接种有益微生物可能需要反复处理，最好在土壤湿润且植物活跃生长时进行。如果没有现存的植被，则需要将种子喂给牲畜，以提供宿主。

应选择富含多种有益微生物的产品，因为哪些微生物种类能够有效发挥作用在很大程度上尚不清楚。成品可能不包含适合当地气候或区域的微生物种类或菌株。土壤中现有的微生物可能会胜过引入的微生物。

如果产品不可用、价格太高或似乎无效，则向牲畜施肥少量土壤（来自自然界中附近未受干扰的地点），其中可能包括具有固氮根瘤的根，可以提供固氮细菌和当地适应的菌根真菌。

种植密集的多物种覆盖作物应该能够促进现有的有益微生物的繁衍。相比之下，裸露的土壤可能会降低有益微生物的数量和活性。

## 生物炭。

土壤中的生物炭具有抗腐烂性，可被视为一种持久的有机物形式，能够封存碳数千年，亚马逊

地区的 Terra Preta 就证明了这一点。

西澳大利亚州的农民道格·鲍 (Doug Pow) 一直在进行一项开创性的研究，他每天给每头牛喂食约300克生物炭，这些生物炭与稀释的糖蜜或甘油混合，然后由蜣螂将粪便埋入土壤中。这对牲畜、土壤和牧场都产生了积极的效果。农民们已经给牛、羊、山羊、猪和家禽喂食生物炭，并获得了明显的益处。

生物炭高度多孔的表面积可以促进有益土壤生物的生长，并保持水分和养分。生物炭（和骨炭）可以在节能炉灶中生产，尤其是在发展中国家，这可以形成一个经济高效的协同系统。

活性炭用于治疗人和牲畜中毒，人体口服60–100克活性炭即可。对于大多数牲畜，生物炭的适宜剂量约为每公斤体重每天2–8克，或可自由摄入。所有生物炭都会通过动物体内进入土壤。一些类型的生物炭已被证明可以减少牲畜的甲烷排放。

对于压实、贫瘠的土壤，最初使用农机将大量工业生产的生物炭和其他添加剂掺入土壤，可能是一项值得的投资，可以启动整个系统。相比之下，SFT 的优势在于能源效率更高，但需要更长的时间才能将少量的添加剂掺入土壤。

**骨炭或烧焦的骨头。**据报道，与未烧焦的骨头相比，骨炭的可利用磷含量更高，钙和镁的含量也更高，而未烧焦的骨头可能几百年都不会分解释放磷。

哺乳动物、鱼类、家禽等的骨头可以烧焦后碾成粉末喂给牲畜。由于高温，骨头是无菌且无病的。不过，在某些国家，将骨头喂给人类食用的牲畜是违法的，因为骨头可能传播炭疽病、肉毒杆菌和疯牛病。合适的剂量可能是每公斤动物体重1克。请咨询兽医。

用骨炭喂养蚯蚓（这应该能进一步提高磷的利用率），并用蚯蚓堆肥种植营养丰富的饲料，或许效果更好，风险也更小。或者，直接把骨炭撒在种植饲料植物的土壤里，这样可以避免任何潜在的病害问题。

**褐煤/腐殖酸盐。**腐殖酸盐可以被认为是史前有机物，例如粉状褐煤，其种类繁多，名称各异，例如褐煤、风化褐煤等。

维多利亚州和南澳大利亚州的农民在牧场上撒了褐煤粉，据报道，蚯蚓和蜣螂数量增加，奶牛健康状况也得到改善。腐殖酸可以快速为土壤补充有机质，从而快速形成腐殖质，提高土壤的持水能力和阳离子交换能力。美国北达科他州的研究人员表明，腐殖酸通过螯合钠来改善钠质土壤，而褐煤中的腐殖酸提取物可以增加固氮细菌的数量。

根据其化学成分，一些褐煤或其他腐殖酸盐来源可能不适合喂养牲畜。

将营养丰富的饲料、腐殖酸盐、固氮植物种子以及相关的固氮接种剂结合起来，应该会取得良好的效果。腐殖酸盐已被用于喂养各种牲畜，包括哺乳动物和家禽，其健康水平有所改善，每

周每100克体重添加5至20克腐殖酸盐即可。就土壤改良而言，这个用量相对较小，可能只适用于有机质含量较低的土壤。大量使用腐殖酸盐也可以用来种植营养丰富的饲料。

**粘土。**粘土是久经考验的动物饲料添加剂，效果显著。用膨润土喂养牛可提高饲料摄入量、转化率和吸收率10-20%，从而提高生长速度。持续不断地给动物喂食粘土可能会阻碍某些营养物质的吸收，因此最好间歇性地使用。木炭和生物炭也可能有同样的效果。

许多动物通常食用粘土来吸收植物毒素或补充其中可能存在的矿物质，从南美洲的金刚鹦鹉到非洲的大象，都是如此。粘土添加到沙质土壤中尤其有益，因为它可以提高土壤的持水能力和阳离子交换能力。可以按每公斤体重3-10克的比例喂食牲畜粘土，但最好让牲畜自由采食，因为它们可能会自我调节摄入量。有时可能需要在粘土中混合糖蜜来吸引牲畜食用粘土。

**糖蜜。**糖蜜为牲畜提供能量，并含有多种营养成分。它可以用来吸引牲畜食用其他补充剂，例如腐殖酸盐、粘土或生物炭。

**药用植物和补充剂。**关于各种植物的药用特性，坊间传闻证据颇多，但这些证据并不总是得到科学的研究的充分支持，因此无法放心使用。大蒜和硫磺（硫）可能具有驱虫作用，大蒜或韭菜可能有助于驱除肠道蠕虫。用干印度楝树叶喂养牲畜可能具有驱除蜱虫的作用。辣木叶可能有益于整体健康。这方面仍需更多研究。

**岩粉。**这些是细磨/压碎的岩石，也称为岩粉或石粉。石灰石粉、白云石粉、磷酸钙粉、石膏粉、硫磺粉和磷矿粉均已成功用于喂养牲畜或施用于土壤。某些来源的磷矿可能含氟量高，因此不适合用作牲畜饲料补充剂。其他粉末包括玄武岩、火山渣、沸石、花岗岩和冰川沉积物。由于冰川沉积物可能由多种岩石组成，含有多种矿物质，因此它们通常是最好的，其次是火山玄武岩粉。在澳大利亚昆士兰州的一项试验中，向土壤中添加火山玄武岩粉可提高土壤pH值、阳离子交换容量、有效磷以及可交换钙、镁和钾（在七种淋溶热带沿海土壤中）。世界上一些最肥沃的土壤源自火山岩。

与其等待自然风化和生物过程将岩石转化为颗粒，不如将岩粉添加到土壤中，这可以被视为加速表层土壤修复和形成的一种方式。如果将岩粉与腐殖酸盐、生物炭、菌根真菌和其他有益土壤微生物结合，并通过牲畜喂养，效果会更好。这意味着有可能“培育”出新的表层土壤，或者至少可以加速这一过程。

可以将用于碱性土壤的硫磺（硫磺）或用于酸性土壤的石灰/白云石/灰烬喂给牲畜，以随着时间的推移调节pH值，并根据需要添加微量元素。

可以以每公斤体重1-3克的剂量喂给牲畜，如果一切顺利的话，可以增加剂量。

岩石粉末的用量可以大得多，可以用来种植营养丰富的饲料。

**海藻粉。**水和营养物质向下流动，从高海拔地区流失的营养物质最终进入水体，进而进入海带

和其他海藻等水生植物。

海藻通常含有各种微量元素。喂给牲畜之前，可能需要清洗、干燥海藻，并可能需要与糖蜜或类似物混合，以诱导牲畜进食。

给牲畜喂食海藻或淡水植物（如浮萍或满江红），然后牲畜将粪便排泄在更高的海拔地区，这是一种将水体中的营养物质和有机物循环回高地的有效方法。

每匹马每天可喂食25–50克碘，牛每天可喂食50克碘，羊每天可喂食5–10克碘。过量喂食可能导致碘中毒。

给牲畜喂食海藻还可以减少甲烷和一氧化二氮的排放。

**种子。**将种子喂给牲畜，然后将其储存在粪便中，可以增加牧场、森林/草地、果园等地的物种多样性，或增加优良品种。这被称为间作或粪便播种。在四大洲的自然界中，已观察到有蹄类动物通过粪便传播，有效地培育出具有固氮功能的金合欢树和牧豆树。

如果放牧至地面，尤其是如果实施了除草措施，并且动物对土壤结皮（如有）影响较大，幼苗可能会更好地生长。蹄印提供了种子、碎屑和水分聚集的微环境，从而可能促进种子发芽。

虽然种子在粪肥中发芽成功率极高，但任何直接播种的方法都往往是碰运气，可能需要反复处理，并尝试多种作物才能奏效。在平坦的牧场上，直接播种可能比播种播种法（SFT）更容易成功，种子分布也更均匀。在起伏不平或多岩石的地面上，由于无法使用农用机械，播种播种法是另一种选择。

通过动物传播种子可能对大量小种子（尤其是固氮豆科植物的种子）最有效，这些种子可以通过大型动物（如牛）传播。对于山羊等小型动物，种子经过消化系统后的存活率可能只有10%。

豆科植物种子通常有坚硬的种皮，可能需要热水或酸预处理。这可能会或可能不会提高发芽率，但幼苗在补充了肥料（包含适当的有益微生物和营养物质）的条件下应该生长良好。种子的饲料量（按体积计算）可能高达50%，其中还添加了糖蜜。有些植物的种子可以作为完整的果实或种荚饲喂。

**合成化学肥料。**大多数肥料，例如颗粒状氮磷钾肥料，并不适合用于喂养牲畜。相反，这些肥料可以用来给饲料植物施肥，饲料植物吸收养分，制成营养丰富的饲料，然后再喂给牲畜（有利于牲畜、土壤和植物的生长）。

尿素是常用的肥料，磷酸一铵和磷酸二铵则为牲畜提供氮和磷，进而滋养土壤。此外，磷酸二钙也常被添加到牲畜饲料中。

如果在根瘤菌接种剂中添加少量的钼、钴、铁、钙和过磷酸盐，可能有利于豆科植物的生长，

但这些微量元素可能更安全地通过营养丰富的饲料来提供。

经过验证的肥料用量约为每公斤体重0.1–1克。请咨询当地专家。

**木灰。**木灰通常富含钾和钙。木灰通常有助于使酸性土壤碱性化，尤其是在石灰或白云石供应不足或价格昂贵的情况下，发展中国家的情况可能如此。在巴西，向土壤中添加木灰已显著改善了桉树人工林的生长。

大象、黑猩猩和家畜都曾被观察到主动食用灰烬。动物适宜的剂量可能是每公斤体重1–5克。

### 补充饲料处理的应用。

SFT的一些可能的应用。

**碳封存。**添加有益微生物可以通过促进植物和动物生长以及土壤生命本身来增加土壤碳含量。由于菌根真菌的存在，植物生长增加，根系分泌物增加等等。

喂给牲畜的腐殖酸盐应该很快变成腐殖质，并能维持数年甚至数十年。生物炭可以将碳封存在土壤中，可能长达数千年。使用SFT技术可以促进树木的生长，并使其更快生长；树皮和细枝等废弃物也可以制成生物炭喂给牲畜，形成协同循环。此外，竹子和稻壳等农业废弃物也可以制成生物炭，并通过牲畜循环回土壤。

**等高线。**坡地农业技术（SALT）起源于菲律宾，其原理是在坡地等高线上水平种植固氮树木和植物。这种方法可以截留水分和养分，并补充地下水。坡地农业技术（SFT）可以通过在等高线上设置条状便携式电围栏来实现这一目标，尤其适用于蟋蟀挖掘隧道以促进径流水的渗透。在干旱和半干旱地区，等高线上的洼地和半月形洼地可以截留、储存和渗透更多的水。额外的储存水为树木提供了在原本无法生长的地方种植的机会。树木和其他植被可以种植在洼地的上下边缘，或半月形洼地内。

**覆盖作物。**覆盖作物可以快速提高土壤的碳含量。覆盖作物也被称为改良休耕地。覆盖作物可能只有一种，但通常是不同科的不同植物类型的混合，这些植物拥有不同的根系和地上结构，可以充分遮挡阳光，从而最大限度地提高根系分泌物的产量。一些农民会使用多达二十五种甚至更多的植物，通常包括菊科、十字花科、豆科、禾本科和藜科等植物。理想情况下，所选的植物品种对牲畜来说是可口的。

混合种植是一种保险措施，确保至少有一些品种能够良好生长，不受天气变化的影响。应咨询当地专家，选择适合当地环境、不会造成入侵性杂草的品种和组合，并符合农民的目标。

覆盖作物通常通过先施用除草剂或耕作来限制现有牧草或其他植被的生长，然后直接播种来成功种植。这通常会导致覆盖均匀且密集。SFT仍然可以发挥作用，在这种情况下，可以放牧植物以降低竞争力，而不是使用除草剂或耕作，并在直接播种之前添加补充肥料。可以用营养丰

富的饲料、生物炭和有益微生物喂养牲畜，以促进覆盖作物的种植。如果肥料覆盖了 50% 或更多的土地，则可能不需要直接播种。无论如何种植，都可以在覆盖作物/混合改良休耕结束时再次施用 SFT，并添加适当的补充物。将覆盖作物和 SFT 相结合的各种策略都有可能显著改善土壤。

参阅 Gabe Brown 和美国其他许多人的作品，以及对东非混合改良休耕地的研究。

**发展中国家。** 在发展中国家，许多肥料或其他产品可能无法获得，或者价格难以承受。木炭（作为工业化生产和标准化生物炭的次优替代品）以及用于烹饪和取暖的木炭灰烬很可能随处可见，粘土也可以用来喂养牲畜。

农民可以利用灰烬和木炭（以及沙质土壤中的粘土），加上骨炭、人尿和动物粪便来种植营养丰富的饲料。在坡地上，可以在Zai穴或半月形坑（半月形）中种植饲料。在坡地的干旱地区，最佳选择可能是在半月形坑内挖Zai坑。在平地上，Tumbukiza应该可以成功。

在较温暖的气候条件下，紫花地丁、甘巴草、几内亚草、*肿柄花*、*辣木*和*银合欢*都是不错的饲料植物选择。在较凉爽的气候条件下，杂交杨、薰草、紫花苜蓿、高羊茅和布哈拉三叶草等都是不错的选择。应选择在当地不会造成入侵性杂草的植物。这些饲料可用于SFT，以改善农田和牧场的土壤。请咨询当地建议。

在发展中国家，自给自足的农民通常种植小块玉米、高粱或小米等谷物田，偶尔与混合改良休耕地轮作。SFT 可能在作物种植前、种植后或两者兼而有之。播种 SFT 可以建立混合改良休耕地，但幼苗分布不均匀，除非粪肥覆盖率达到 30% 或更高。另一种方法是先进行 SFT，然后播种例如刺毛黧豆 (*Mucuna pruriens*) 等高生物量固氮绿肥作物。

在圈养牲畜系统中产生的补充粪肥可以成为出售给谷物或其他作物农民的有价值的产品。

**减少排放。** 通过给牲畜喂食海藻可以减少甲烷和一氧化二氮等气体的排放，研究也表明，一些生物炭在很多情况下可以减少甲烷排放。满江红也被证明可以减少排放。

将两种或两种以上的方法结合起来可能会更有效。需要更多的科学研究来评估这些方法组合是否能提高疗效。

**侵蚀沟。** 应用SFT技术可以帮助解决侵蚀沟和其他退化区域的问题。在这种情况下，表土已被侵蚀，只剩下裸露的底土，因此需要重建表土并种植植被。

岩石粉尘（例如玄武岩）与生物炭和腐殖酸盐以及有益微生物的组合是合适的。

匍匐茎或根茎蔓延的禾本科植物，以及灌木和树木。也可以包括根系丰富的深根植物，例如萝卜和芜菁。蛴螬对于在通常被压实的底土中挖掘隧道至关重要。蓄水坝可能有所帮助，更多信息，请研究“自然序列农业”。沟渠边缘也可以进行处理，以减少流入沟渠的径流，避免造成

侵蚀。

**林业和农林复合经营。**在大多数情况下，种植多品种覆盖作物，然后进行重度放牧和SFT，再种植树木，都是有益的。一旦树木长成，树干足够高，可以减少啃食造成的损害，反复进行SFT可以改善土壤，从而提高树木的生长速度。林业废弃物可以转化为生物炭，喂养牲畜。

**火灾。**在天然森林或草地与农田或郊区交界的地方，山羊群可以啃食易燃树木、灌木和草类，从而减少可燃物负荷，从而降低火灾强度。可以用不易燃的本地植物种子喂山羊，试图将植被转变为不易燃的植被，但这需要大量的种子，因为大多数种子在被转化为粪肥之前就会被毁掉。

**高地。**水和相关养分向下流动，因此在高地种植健康植被并提高土壤肥力至关重要。蜣螂的隧道也有助于补充地下水位，并补充下方斜坡的水份。提高土壤中的养分和有机质含量应是当务之急，因此可以用营养丰富的饲料、岩石粉尘、生物炭、腐殖酸盐和有益微生物喂养牲畜。

树木的种子也可能被纳入其中，因为高山之巅的树木剥离云层可以增加降水。即使在较低海拔地区，寒冷的夜晚，水也会在树上凝结，滴落到地面，从而增加世界某些地区的总体降水量。

**贫瘠的沙质土壤。**饲喂专门种植的富含营养的饲料，尤其是富含当地土壤中已知缺乏的营养成分的饲料，可以显著改善贫瘠的沙质土壤，使其适合农业或林业用途。粘土可以提高持水能力和阳离子交换能力。腐殖酸盐、生物炭和有益微生物可以提高持水能力、养分吸收和碳储存能力。可能需要反复施用才能取得理想的效果。

**果园。**牲畜饲喂营养丰富的饲料，并辅以适当的补充，可以改善土壤，从而提高生产力和盈利能力，还可以生产出更有营养的水果和坚果。

SFT 种子可以增加地被植物的生物多样性，例如，固氮植物和吸引益虫的植物。许多草本豆科植物可以兼具这两种功能。请咨询当地居民，了解适合当地吸引益虫的植物。

**半干旱和干旱地区。**洼地、水坝和半月形坡面可能是干旱地区最有效的技术。在坡中等高线地带应用SFT技术拦截和渗透水分，效果会更好，之后可以在坡中等高线的上方和下方建立更多条带。

在干旱地区，罗杰·萨沃里建议将牛群聚集在一起，时间足够长，以便牛粪完全覆盖地面。他称之为“生物地毯”，其原理是为种子的发芽和生长提供一个潮湿黑暗的环境。挑战在于如何从场外运来足够的干草或其他饲料来生产足够的牛粪，因为在干旱地区，当地不太可能有足够的饲料。

匍匐茎传播的本土地面覆盖阔叶植物和草类（例如狗牙根属）以及多肉植物的种子将是优先考虑的。

白花菜属的本土植物种子都是不错的选择。

**盐碱土。**石膏可以用来喂养牲畜，其中的钙离子可能会取代钠离子，钠离子随后可能会渗入到土壤深层。生物炭和腐殖酸盐可能有所帮助，例如种植耐盐植物的种子，例如滨藜、咸水草、布哈拉三叶草和高麦草，或者可以稍后播种或种植。铺设地被植物和覆盖物（例如干草）可以减少裸露土壤的蒸发，而裸露土壤的蒸发会通过毛细作用将盐分带到地表。选择合适的植物种类需要当地建议。

**水道。**沿水道生长的植被可以减少营养物质流失到水中，从而减少山洪暴发和水土流失。可以施用SFT和种子，但蜣螂和蚯蚓对于快速混合粪肥也很重要，这样粪肥就不会被冲入水道，造成藻华。

**防风林。**种子较小的树木和灌木，或种子较硬的豆科植物，都可以用SFT进行种植。用便携式电围栏圈养牛群或许是最佳选择。

在潮湿的热带地区，**银合欢属植物** (*Leucaena leucocephala*) 和**朱顶红属植物** (*Calliandra* spp.) 是显而易见的选择。许多金合欢属植物在各种气候条件下都能成功。桉树和其他桃金娘科植物的优良种子也可能成功。用这种方法种植树木的前景难以预测，因此明智的做法是采取两面策略，在粪肥堆之间的空隙中种植多种树木和灌木。

如果树木与附近生长的其他植物竞争，它们会难以生长。因此，给一些动物喂食树种，给其他动物喂食草类、地被植物等种子，应该有助于确保粪便/种子在空间上分开，从而减少竞争。可能需要控制食草动物，以及杂草的竞争性生长和火灾。

### 补充饲料处理——一个协同的整体系统

补充饲料处理是一种经济有效且具有协同作用的农场和生态恢复或改善方法，具有可观的经济效益。

通过重复治疗，补充饲料处理，加上适当的种子，以及整体计划放牧，应该可以提高牲畜的健康和收益，增加植物的生长和改善土壤，从而实现更大的经济繁荣。

通过蜣螂挖沟和散播补充的粪肥，以及蚯蚓的活动使养分更加有效，再加上有益土壤生物的引入或繁殖，处理过的土壤应该会大大增加碳储量，提高肥力，减少养分损失，改善土壤结构，从而提高水分渗透和持水能力，改善通气和排水，降低容重，使根系更容易穿透，并减少侵蚀问题。

SFT 具有整体性和协同性，能够改善土壤，促进动植物生长和经济增长，并以相对简单、低技术和低成本的系统产生卓越的效果，同时成本也最低。这使得发达国家和发展中国家的农民和土地管理者都能轻松应用。

David Clode 园艺应用理学学士，永续农业设计证书。

最初称为“动物改良粪便处理”，于 2010 年 11 月在我的网站 [reforestation.me](http://reforeststation.me) 上发布。  
更名、修订和更新，2025 年 8 月。