

热气候下有机污泥的循环利用: 案例研究 开罗和亚历山大淤泥再利用研究

E.M.Abd El Lateef ,J.E. Hall ,
S.R. Smith , A. A Farrag
and M. M Selim



问题

- 在埃及开罗和亚历山大主要城市的废水项目的实施将导致大量的有机淤泥(生淤泥，熟淤泥和堆肥化处理的污泥)产生，需要处理。
- *大开罗废水项目* 将最终导致大约在接下来的10年里每年大约40万吨干燥的淤泥，亚历山大每年46,000吨干燥的淤泥 (CSDS,1995 和 AESR,2000)
- 处置通道必须是环保的和社会可以接受的，成本有效的。农业能为有机淤泥提供最可持续的和有益的出口，但是存在对于保护环境和人类健康，以及它的实用性的关注。
- 主要的环境关注应归于潜在的有毒元素(PTEs-主要是重金属)和人类病原体的不可避免的存在

途径

- 开罗和亚历山大淤泥处置研究在地中海环境技术支持计划下开始，被欧洲投资银行资助，受开罗和亚历山大废水组织促进，为了解决至少部分的开罗和亚历山大区域有机淤泥的处置的困难问题，否则一旦所有的废水处理厂开始运作，这个问题将成为一个巨大的问题。
- 有机淤泥应该被认作一种自然资源，应该被保存或再利用，而不是被丢弃。有机淤泥在农业中的使用被广泛看好因为新近在埃及开垦的土壤以低肥、高盐和低下的水分保持为特点。
- 目的是示范实用和安全地再利用开罗和亚历山大生产的有机淤泥，因此作为一个示范计划和信息源为埃及相似的城镇和城市和其他气候温暖的地方服务。

方法

淤泥品质监控计划

- 开罗的所有废水处理厂在浓化或去水后产生空气干燥过的生淤泥，除了Zenin 和 the Gabal El Asfar，那里生产熟淤泥。
- 在亚历山大，淤泥借助于堆料翻动被堆肥。研究显示温度55 – 65° C的高温堆肥在堆肥中被发展。堆肥的温度稳定在这个范围内有上至两个月，对翻动的频率相对不敏感。堆肥堆料不需要很多翻动去保持有效率的过程，既然高度水分流失可能限制微生物活动，这对水分保持是有利的。
- 两个月后，堆肥期间挥发的淤泥成分的损失大约为30%，显示了产品被相当好的稳定化。低湿水平限制了在后面的堆肥化过程期间的进一步的退化是可能的，在埃及条件下，为了它的土壤的改善的价值，应保持产品中的一个相对高的有机物含量，所以完全的稳定化是不必要的。

- 设计了一个三年的透彻的取样计划以了解可利用的淤泥资源具有的化学和微生物的品质特征。这集中在空气干燥和堆肥，以致于样本的时间序列的分析能够被在统计上进行评价，决定要素的变化。目的是评价在农业上的适用性以确保淤泥的品质对农业使用是可接受的。
- 当前农民使用的空气干燥的淤泥、来自厌氧消化试验工厂的去水的熟淤泥和亚历山大堆肥处理的淤泥的样本，也被分析研究的焦点是决定在当前管理实践下淤泥的微生物品质，建议必要的情况下这些如何被适应，去生产对农业劳动者来说安全的淤泥产品 - 因为当用手播撒淤泥时，他们是对潜在的疾病传播暴露最严重的人。



田间试验计划

- 开罗研究建立了30个试验田，覆盖大约200费丹*（83公顷）。广泛的可耕的农作物在连续的冬、夏季节被种植，包括小麦，大麦，草料和谷物玉米，埃及车轴草，大豆，蚕豆，芝麻，高粱和棉花。蔬菜和块根植物被排除。也设立了一些长期水果试验，包括葡萄，柑橘，橄榄，香蕉，桃子，苹果，梨，柿子和番荔枝。淤泥用手来施用，或对田间谷物进行播撒，或对果树进行坑式施用，或用撒厩肥机进行机械化实施。试验的基本目的是评估淤泥作为农家肥料的一个替代物，显示淤泥的效果至少和传统方法一样，并可以被安全使用。
- 设立了总计17个示范试验田实验，使用亚历山大的堆肥淤泥。有12个耕地试验，其中一些是单季试验，但是大多数为涉及几种作物的轮作。在这些中，7个试验是在开垦的沙漠沙地土壤上，4个实验是在开垦的石灰质的肥土壤上。

* 1费丹 = 4200平方米

- 选择了一些农场作为试验点评估污水淤泥的农业使用，在所谓的开罗和亚历山大周围的淤泥“买卖”区域，包含主要的土壤类型和作物种植实践。开罗附近选了六个主要的地点，亚历山大附近设立了三个地点。
- 这些大多数在开垦过的沙漠土地上，因为这样的土壤对有机物和养分有高度的需求。与三角洲的小农场相比，开垦的土地上更大的农场可能对递送淤泥更容易和运作上更有吸引力，。



结果

淤泥品质

淤泥品质调查显示与农家粪肥的非常多变的品质相比较，每个废水处理厂的淤泥品质相对一致。然而，淤泥处理和分配运作的管理和控制需要改进以确保管理策略是可持续的，环保上可接受，成本效率高以及对人类健康的潜在风险最小化。

表 1 来自不同废水处理厂的日晒干燥的淤泥和当地的牲畜粪便的化学性质 (平均值和95% 置信区间) (单位: 密度 t m³; ds, VS, N, P, K 和 Fe 的百分比, 其他元素 mg kg⁻¹)

废水处理厂	密度	ds	VS	N	P	K
Abu Rawash	0.74	87.2 ±6.1	51.9 ±14.7	1.61 ±0.49	0.57 ±0.28	0.23 ±0.07
Berka	0.69 ±0.08	90.7 ±5.0	37.2 ±6.8	1.71 ±0.27	0.88 ±0.29	0.24 ±0.08
Helwan	0.82	93.3 ±4.5	27.0 ±5.9	0.85 ±0.13	0.61 ±0.45	0.19 ±0.04
Zenein	0.63 ±0.07	89.1 ±6.6	42.0 ±6.8	1.79 ±0.31	1.06 ±0.35	0.38 ±0.17
亚历山大	nd	88.5 ±10.0	25.2 ±14.8	1.63 ±0.52	1.09 ±0.39	0.38 ±0.18
农家粪肥	0.63 ±0.23	90.9 ±5.3	23.8 ±9.3	0.85 ±0.27	0.69 ±0.28	0.70 ±0.17
鸡粪	nd	79.2 ±29.5	53.1 ±33.1	2.53 ±1.41	1.35 ±2.07	0.75 ±0.86

风干的淤泥的微生物特性

从Abu Rawash和Berka来看排泄物的大肠菌细菌在风干的生淤泥中以很高的数量存在，但是在Zenein去水的熟淤泥中却更低一些。沙门氏菌在各种类型的淤泥中存在，但是不是存在于每个样本中。毛圆科线虫和吸虫的卵在任何样本中都没有被发现，但是艾美球虫仅仅存在于Abu Rawash 和 Berka 淤泥的33%和50%的样本中，各自处在最低的检测范围内(1-25 个卵g⁻¹)。在所有淤泥类型里均发现了一个蛔虫，除了熟淤泥，但是大多数样本仅仅包含死了的卵。

表 2 风干的污水淤泥的样本中病原体的出现率，收集自Abu Rawash, Berka, Zenein (熟的) and 亚历山大(堆肥) WWTPs (生淤泥基础)

病原体	Abu Rawash	Berka	Zenein	亚历山大
细菌 (MPN g⁻¹)				
排泄物大肠杆菌	5.3 x 10 ⁵	1.3 x 10 ⁶	2.2 x 10 ³	nd
沙门氏菌	50% 肯定的	100%肯定的	50%肯定的	25%肯定的
n	2	3	2	4
寄生虫 (% 样本包含卵的范围数, 卵数 g⁻¹)				
艾美球虫	33% 1-25	50% 1-25	否定的	否定的
蛔虫	50% 1-25	33% 1-25 17% 76-100 ⁽¹⁾	否定的	25% 1-25 ⁽¹⁾
毛圆科线虫	否定的	否定的	否定的	否定的
吸虫.	否定的	否定的	否定的	nd
n	2	6	2	4

注释: (1) 死的卵

有机淤泥的养分含量

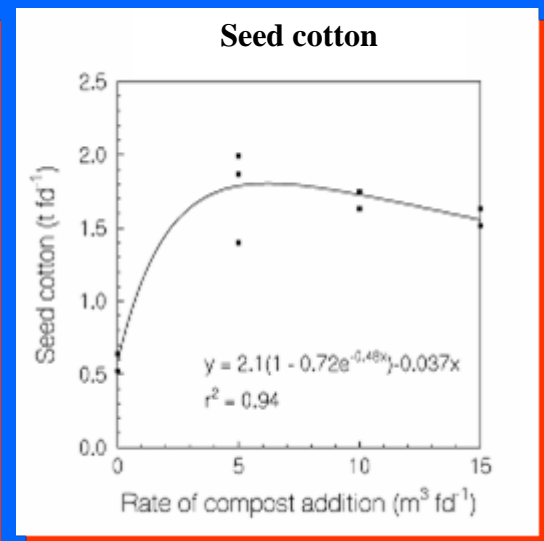
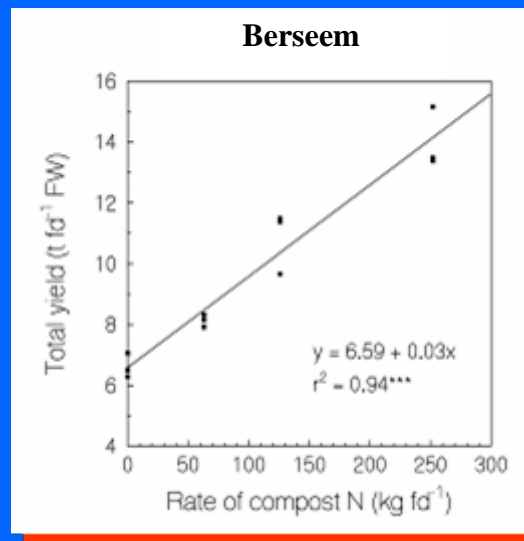
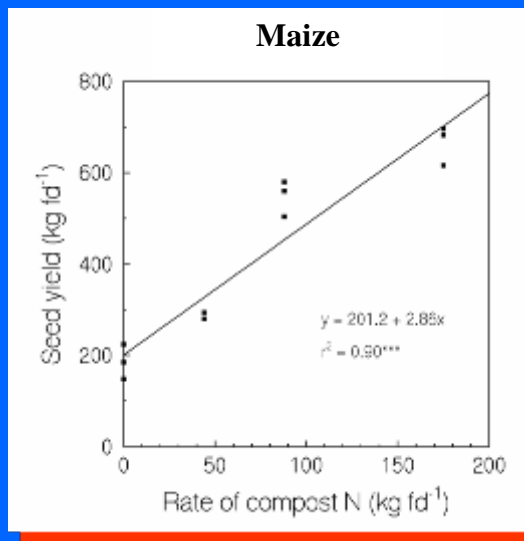
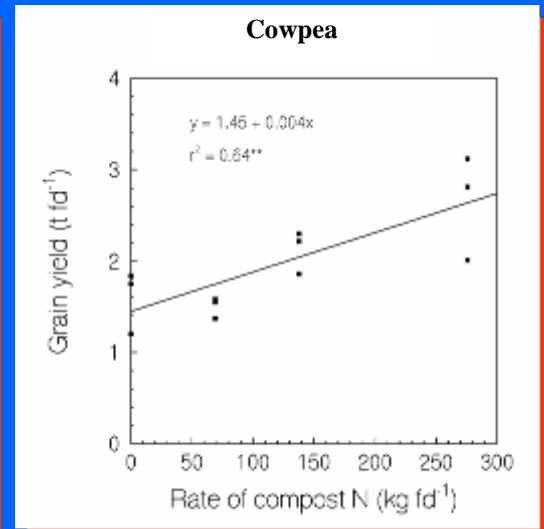
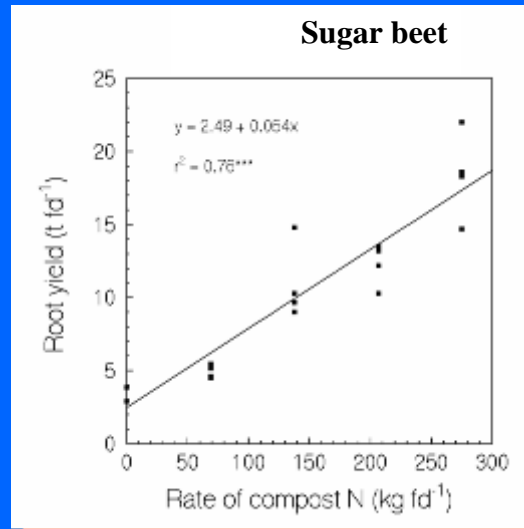
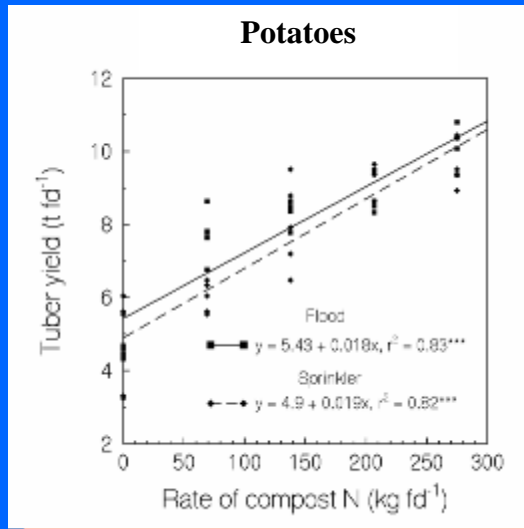
- 污水淤泥包含农艺上有价值的数量的N和P，除此之外还有其他植物生长需要的主要的和微量的元素，包括Fe, Mn, Zn和Cu，这些元素频繁限制埃及土壤的作物产量，尤其在新开垦的土地上。
- 典型的、来自开罗废水处理厂的日晒干燥的淤泥包含1.7%和0.8%的总N和P。
- 总K含量相对小一些，大约0.3%。在埃及有机肥料以容积为基础被应用于土地上，一立方米日晒干燥的淤泥一般供给11.5kg N和6kg P (干燥淤泥含19 kg N t⁻¹和 10 kg P t⁻¹)。

重金属

- 重金属是一个主要的关注点，被认为是在农业土地上使用淤泥的潜在的主要的限制，尤其是来自服务于工业地区的废水处理厂的淤泥。
- 本研究中对淤泥里的重金属的详细调查显示开罗生产的淤泥的品质与其他工业化国家是相似的，重金属浓度也处在农业使用所要求的标准之内，不构成再利用的阻碍，也没有限制农业用地的淤泥施用率。
- 有机淤泥对农田作物生产的影响
- 田地试验计划显示日晒干燥过的生、熟和堆肥的污水淤泥，农业粪便作为对尼罗河三角洲的冲积土壤和开垦土地的沙土的耕作作物生产作为肥料和土壤改良剂的有效性。影响作物对施用淤泥的反应的主要因素是淤泥快速或缓慢释放N的特点；累积使用淤泥或粪便带来的土壤肥力的改善，作物对N的需求和敏感度，土壤类型和灌溉方法。

- 结果为建议生、熟和堆肥淤泥及农业粪肥在粘土上的最优应用率提供了一个清晰的基础，如下：
 - 生淤泥: $20 \text{ m}^3 \text{ fd}^{-1}$ (30 t fd^{-1}) 每种作物（对所有作物），除了大豆，其最优应用率是 $10 \text{ m}^3 \text{ fd}^{-1}$.
 - 熟淤泥: $10 \text{ m}^3 \text{ fd}^{-1}$ (15 t fd^{-1}).
 - 农场粪便: $10 \text{ m}^3 \text{ fd}^{-1}$ (15 t fd^{-1}).
- 在粘土上，对比其他测试过的肥料，熟淤泥给出了最大的初始肥料反应。
- 作为一个一般化的建议，在新开垦的沙土上的生、熟和堆肥淤泥和农场肥料建议的最优应用率各自是 $20 \text{ m}^3 \text{ fd}^{-1}$, $10 \text{ m}^3 \text{ fd}^{-1}$, $10 \text{ m}^3 \text{ fd}^{-1}$ 和 $20 \text{ m}^3 \text{ fd}^{-1}$ 。当高 N 敏感度的专门的作物种植时这些使用率应该减少（例如芝麻），取决于频繁增加淤泥或农场肥料后的土壤肥力。

对堆肥淤泥的产量响应



有机淤泥的剩余影响：

- 在新开垦的沙漠土壤上，对农作物生产来说，污水淤泥有重要的累积和残余价值。在先前用淤泥处理过的土地上种植的作物的产量与正常农业实践相比可能增加10%-20%。频繁使用淤泥于开垦土地增加了土壤的肥力，能够减少无机 N 肥的需求。
- 假使能努力去平衡无机肥料和 K 的供给，并考虑到某些作物对N的敏感度，比如芝麻和豆类，所有的作物能被轮作处理。农场肥料能被用做 K 的一个有效的来源，如果无机 K 肥不可获得，应该交替使用淤泥和农场肥料以平衡对土壤的 NPK 的输入。

表 3 相对正常的农民实践，淤泥对于农作物产量的累积影响。

连续应用10 m ³ fd ⁻¹ 的次数	作物	超过正常的农民实践 (%)
2	大麦谷粒	22
3	饲用玉米	36
4	小麦谷粒	100

淤泥处理过的土壤上的作物的化学成分

- 试验的田地和水果作物的大量的化学分析（开罗研究报告了25000个独立的植物组织分析，亚历山大研究报告了17000个）没显示从淤泥到土壤的重金属增加和植物组织中的浓度之间存在任何显著的关系，其浓度均处于埃及作物正常的范围内。与重金属相比，淤泥和农家肥料对作物 NPK 含量的显著和持久的影响是显而易见的。基于观察到的在作物 N 含量方面的模式，不同有机材料和 N 肥价值的相对重要性如下：

堆肥淤泥 ≥ 熟淤泥 > 农家肥料 ≥ N 肥 ≥ 生淤泥

- 淤泥应用后的季节种植的作物的组织中增加的 N 含量，与正常农民实践相比，显示淤泥 N 也有重要的残余价值。当高质量材料被供应时，农家肥料的应用相比其他土壤改善和控制来说，持续增加了作物的 K 含量。农家肥料在埃及农业里是这个主要的作物养分的一个有价值的来源。

结论

- 一个关于使用开罗和亚历山大淤泥于农业土地上，作为一种肥料和土壤结构改良剂的全面的科学分析证实许多气候，土壤，运作的，农业的和经济的因素支持在埃及条件和温暖气候下农业化使用淤泥。
- 埃及的气候和土壤条件强烈支持一个再利用的选择，因为石灰质的和粘质的土壤限制作物吸收重金属和潜在的有毒物质。开垦的土地和粘土也缺乏Zn和Cu，和其他的淤泥中存在的，也是植物生长所需的基本元素；大量的光照暴露、高的温度和干燥的条件提供了对于病原微生物的生存侵略性的和不利的条件。
- 除了这些有利的气候、土壤和运作方面，一个支持再利用作为埃及和温暖气候下的淤泥管理的一个方法的进一步的主要的优点是农业大量的持续的对有机粪便作为肥料和土壤调节剂的需求。尽管这些理由支持在农业土地中使用的有机淤泥，建议达到更高的处理淤泥的标准以确保更高水平的安全和保险。