

File No. 37

有机农业能够保障世界的粮食供给吗？

所谓有机农业就是不使用化肥和农药，仅依靠家禽家畜粪尿和堆肥之类的农家肥和手工除草，灭虫等来栽培农作物的耕作方式。不仅是有机农业信者，多数媒体人士也都相信有机农业生产出的农产品质量好，还能够减轻环境负荷，是维护地球环境的具有持续可能性的理想农业方式。受到媒体的影响，较多市民亦对有机农业抱有共鸣，认为现代农业会毁坏人类健康和地球环境。特别是在先进国家，流行着不使用化肥和农药的有机农业是环境保护和节省能源的最有效的耕作方式的这样一种风潮。但是，农业科研人员之间的共同认识是，有机农业会直接导致农作物的收获量减少，不能提供足够的粮食来满足世界人口增加的所带来的日益增大的食物需求。

2012年5月，著名的科学杂志「自然」上面刊载了一篇关于有机农业方式与通常农业方式相比较的研究报告（Nature, 485, p229–232）。

这份研究报告是加拿大 McGill 大学的 Navin Ramankutty 教授和博士课程学生 Verena Seufert，美国 Minnesota 大学环境研究所主任的 Jonathan Foley 教授调查了 1979~2011 年发表在科学杂志上的 66 篇研究论文，进行统计分析后得出的结果。这 66 篇研究论文是世界各国的研究机构使用多种作物在各种土壤上进行有机农业方式和通常农业方式进行栽培比较后的实验结果。研究中所用的有机农业方式是确实得到了欧美各国的有机农业认证或按照欧美各国的有机农业的认证标准进行栽培管理的，并不包括所谓的「生态农业（Ecological agriculture）」，「减肥减农药农业」，「低投入农业（low-input agriculture）」，「自然农业（nature farming）」之类某些团体和个人所吹嘘的方式。

根据这份研究报告，使用有机农业方式栽培的果物和大豆，花生等油料作物的收获量要比通常农业方式减少 3~11%，小麦，玉米等谷物和蔬菜的收获量更加低下，要比通常农业方式减少 26~33%。土壤类型也对有机农业方式的收获量有较大的影响，pH5.5~8.0 的弱酸性土壤和中性土壤可以减轻有机农业方式的收获量减产幅度，而 pH5.5 以下的酸性土壤和 pH 超过 8.0 的碱性土壤则会扩大有机农业方式的减产幅度。

另外，该研究报告还表明先进国家和发展中国家在有机农业上的减产幅度有所不同。大体上是先进国家实行有机农业方式的平均减产率是 20%，发展中国家的有机农业方式会导致 43% 的减产。

与通常农业方式相比，有机农业方式导致农作物收获量减少的理由主要有以下 5 点。

1. 难以控制农作物对有机肥料养分的吸收利用

化肥是人工合成的肥料或天然产出的原料经过化学或物理加工手段制成的肥料，基本上都是无机物质。尿素，硫酸铵，磷铵，氯化钾等是化肥的代表。

有机肥料则是以动植物的残骸和排泄物为原料，不经处理或只经过简单的生物处理或物理处理后的肥料。构成有机肥料的基本上是有机物，还有部分是有机物经焚烧等物理处理后生成的无机物。按照日本的肥料管理法律，大豆粕和菜籽粕之类的植物油粕，鱼粉，骨粉，加

工家禽羽毛粉等是肥料公定规格指定的普通肥料，其品质受到一定的管制。而堆肥，谷糠，家畜粪尿，下水道污泥等则被分类为特殊肥料，不受公定规格的限制。

植物的根只能吸收离子态的养分。虽然有实验结果报告植物的根可以直接吸收微量的氨基酸，但不是主流，不能靠此来满足植物生长的需要。（参考本书的「根的养分和水分吸收机理」这篇文章。

化肥多是水溶性的，施用到土壤里容易被土壤水分溶解，所含的养分成为离子态而被植物吸收利用，所以容易掌握养分的溶解释放速度。有机肥料因为主要成分是有机质，基本上不溶于水。施用到土壤里后，必须经过土壤微生物的分解，将养分变成无机态的离子之后才能被植物吸收利用。因此，不管是化肥还是有机肥，最终都需要变成离子态后才能被植物吸收利用。图 1 是化肥和有机肥料中的养分被植物吸收利用的示意图。

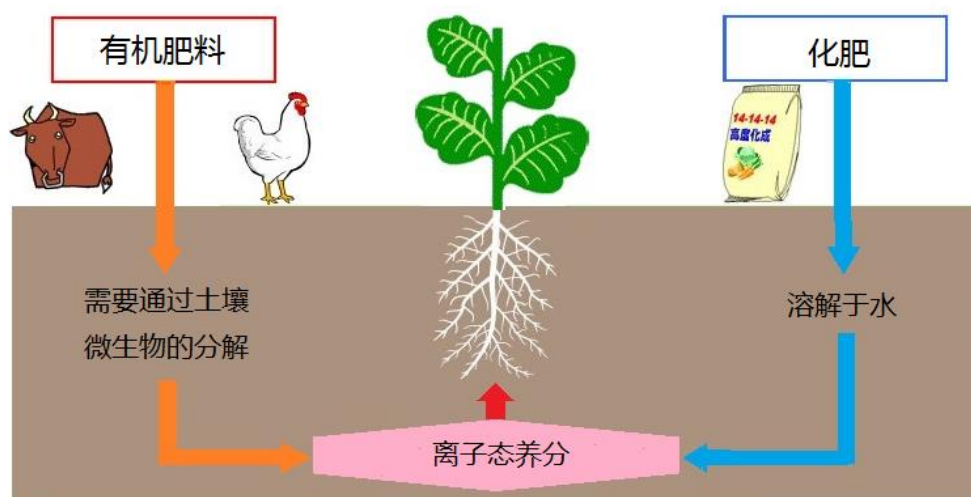


图 1. 植物根对化肥和有机肥料的养分吸收模式图

化肥的特点是能够预先知道所含的养分种类和溶解性，可以按照农作物的生长阶段和土壤的养分供给能力来设定最适施肥时期和施肥量。有机肥料多数难以掌握所含的养分种类和状态，加上需要经过土壤微生物的分解，深受气温，土温，水分等土壤理化性质的影响，基本上控制不了养分的分解释放速度。因此，有机肥料很难在农作物需要养分的时期能够保证提供所需的充足养分，限制了农作物的生长。

2. 有机肥料的养分含量低

要保持农业生产的持续性，必须定期将农作物生长期间从耕地土壤吸收带走的养分偿还给土壤，使土壤养分保持在一定的水平。若不能偿还农作物带走的养分或偿还量不够的话，土壤会逐渐地贫瘠下去，农作物生长受到抑制，收获量降低，最终成为不毛之地。将农作物带走的养分确实返回到土壤的办法就是施肥。关于如何偿还农作物带走的土壤养分可参考本书的「养分偿还（施肥）的法则和收获量渐减的法则」这篇文章。

有实验数据证明，1000 平方米（1.5 亩）的耕地，每栽培一茬小麦就会从土壤中带走 12.02

公斤氮，4.54 公斤磷和 14.84 公斤钾。若是栽培蔬菜的话，带走的养分就更多。例如，包心菜 1 年可以栽培数茬，每年会从耕地带走 27.24 公斤氮，7.03 公斤磷，29.11 公斤钾。

为了偿还农作物带走的养分，若使用含量 14-14-14 的复合肥，1000 平方米的耕地栽培小麦就需要施用 60~80kg，若是栽培包心菜的话，更需要增加到 120~160kg。如果不用化肥，完全依赖有机肥料的话，栽培小麦需要施用发酵鸡粪 500~1000kg，包心菜更是需要 1000~2000kg。若施用牛粪谷壳堆肥的话，数量更要增加 1 倍以上（图 2）。为了确保足够的有机肥料，不仅是收集原料和进行堆沤发酵，单纯是有机肥料的搬运保管和施用都需要花费大量的人工。施肥量不足的话，不仅农作物生长因养分不足而受到抑制，导致收获量减少，土壤还会贫瘠下去，影响下一茬作物的生长。



图 2. 同样养分量的堆肥和化肥（复合肥）的施用量比较

3. 有机肥料的质量不稳定

有机肥料是以产业废弃物和生活废弃物为原料制成的，原料种类，季节和处理工程的不同会使原料中的养分含量有很大的变动，要恒常地保证一定的质量是非常困难的。另外，某些原料还会混入重金属，病原体，抗生素，激素等有害物质。使用劣质的有机肥料会造成或加剧土壤污染，给农作物造成危害，甚至还会给食品安全带来隐患。

与发展中国家相比，先进国家采用有机农业方式所引起的收获量降低的比率要小一些。这是因为先进国家以前多施用化肥，其中的磷和钾养分还多量残留在耕地土壤里，加上容易得到足够的优质有机肥料，还可以使用机械施肥，将肥料较均匀地散布在耕地里。而发展中国家难以得到足够的有机肥料，施肥仍是手工操作，不能均匀散布，导致农作物不能得到足够的养分，收获量当然就会大幅度下降。

4. 有机栽培会导致病虫害增加

有机农业的信者宣传因为有机农业不使用农药，所以收获物没有农药残留，可以安心食用等。但是，不使用农药的话，病虫害发生时无法处置，自然就会出现减产减收或颗粒无收的现象。有机农业采用手工除草亦有一定的界限，大面积栽培的话，农作物无法与杂草竞争，

受杂草压制导致减产减收。

日本植物防疫协会在 1991 年，1992 年和 2004~2006 年进行了完全不使用农药的栽培试验。其结果是某些作物虽然减产但还能保证一定的收获，而有一些作物则完全失收。因为不使用农药，病虫害所引起的平均减产率是小麦 36%（最小 18%，最大 56%），包心菜 67%（最小 10%，最大 100%，完全没有收获）。日本植物调节剂研究协会在 1983~1986 年对蔬菜地的杂草危害进行的调查分析结果是，若不使用除草剂，蔬菜的平均减产率达到 30%，证明杂草的存在会使得农作物大幅度减产。

家庭菜园之类栽培面积小，同时栽培多种农作物的场合，病虫害不太容易传播，杂草发生后也容易拔除，采用有机农业方式的减产幅度不会太大。大田作物面积广，种植品种单一，连作程度高，最容易发生病虫害。一旦出现了病虫害，传播很快。若不使用农药防治的话，基本上不能控制其蔓延。大田除草亦是同样。所以大规模农业离不开农药来防治病虫害和杂草。

另外，不使用化肥和农药，农作物吸收不到足够的养分，容易受到病虫害和杂草的影响，收获量少，收获物的品质较差，在市场上缺乏竞争力。

5. 生产成本的上升

实行有机农业，在施肥，除草和防治病虫害上需要花费大量的人工和时间。不能避免生产成本的上升。尤其在先进国家，难以承受劳动力成本的增加。若按照通常农业方式的感觉来投入劳动力，不可能对农作物进行适当的管理，既花费了成本和时间，又不能得到满意的收获。

全世界人口在 2014 年已经突破了 70 亿，预测到 2050 年有可能达到 90 亿人口。为了抚养这样庞大的人口，按照每人每年需要 370~380kg 谷物计算，现在就已经需要 26 亿吨以上的谷物。根据联合国粮农组织（FAO）发表的资料，2008 年世界的谷物生产量为 22.27 亿吨，尚不能满足世界人口的需求。根据联合国世界粮食计划发表的数据，现在每 7 个人中还有 1 人没有足够的粮食，全世界仍有 9 亿 2500 万人仍处于饥饿状态。若没有化肥和农药的话，谷物生产量最少减产 20~30%，全世界都会陷入饥饿困境。

单纯从日本的角度来看，在明治维新之前的江户时代（1603~1868 年），日本采取了锁国政策，粮食全部依靠国内自产自足。当时的农民施用的是从城镇收集到的人粪尿和山林的杂草等有机肥料，既没有农药也没有机械，完全依靠手工耕作，是一种彻底的有机农业方式。在这样的有机农业方式下，收获的农产品只能抚养 3000 万人，平均每 5 年就会发生一次饥荒，饿死大量人口，使人口数量和粮食产量再次回到平衡状态。从 1716 年到明治维新的 1868 年为止的 150 年，日本总人口一直都在 3000 万人前后徘徊，无法增加。从这个事实可以看出，只是依靠有机农业的话，日本最多也只能保证 3000 万人的粮食。明治 20 年（1887 年）日本人口为 3900 万人，耕地总面积 464.6 万公顷，到了 2014 年日本内人口增加到 1 亿 2600 万人，耕地总面积 451.8 万公顷，其中还有放弃耕作的耕地和荒废耕地约 70 万公顷。这样日本

的粮食自给率仍达到 39%。单纯按比例进行计算，2014 年的国内农业生产就可以抚养约 5000 万人，证明使用化肥和农药的现代农业要比有机农业可以多生产出 56% 的粮食。

现代农业的本质就是，科学地使用化肥和农药来提高农业生产率，生产出更多的高产高质的粮食来保障人类的生存发展。若放弃现代农业方式，重新捡回现代化之前的有机农业方式，很有可能会因粮食不足而导致人口大量饿死，引起社会动乱。