

File No. 6 农作物的收获量与肥料的关系

植物生长需要氮磷钾三大元素以及 10 余种中量和微量元素。在自然环境下，植物处于自生自灭的状态，从土壤中吸收的养分在体内被合成为有机物，形成根，茎叶和果实。植物死亡后，遗骸则被微生物分解，养分又会重新回到土壤里。因此，自然界的植物在没有人类的参与干涉下，可以在一个有限的范围内完成物质循环，养分不会流失。

但是，栽培农作物的目的是为了收获其有用的部分供人类食用或使用。收获物所含用的养分被农民带出耕地后，一般不会再度返回到农作物原先生长的土壤里。以日本主食的大米为例，100 公斤稻谷和附带的稻秆大约含有 2 公斤的氮(N)。收获的稻谷被用于食用，稻秆也有可能被用于畜牧，不会返回到水田里。这样一来，每收获 100 公斤稻谷，水田土壤就会减少 2 公斤的氮。若是生长期短，收获次数多，收获量也大的蔬菜，因收获而被带走的养分量就更多了。

因此，收获物中所含的养分若不补充回耕地的话，土壤的养分收支就是赤字。每次耕作收获都会给耕地带来养分的损失，耕地逐渐变得贫瘠，农作物吸收不到足够的养分，导致生长不良，收获量减少。长此以往，农作物栽培体系就会出现破绽。最明显的事例就是东南亚和非洲某些地区采用的烧垦耕作方式。当地土著民将森林采伐后放火烧掉林木种植农作物，只以焚烧林木后留下的草木灰为肥料，完全不施其他肥料。这种栽培方式只需 2~3 年就可以将土壤中积储了数十年的养分消耗完毕。土著民发现收获量减少后，就会将土地放弃，重新采伐别处的森林焚烧后作为新的耕地。

化肥作为人工合成制造的肥料，含有高浓度的养分，可以补充耕地土壤因收获而被带走的养分，满足农作物的生长需求。关于化肥给与农作物收获量的贡献程度有相当多的研究。一份有关亚洲诸国的水稻单位面积产量的报告中提到，1965 年到 1980 年亚洲地区的水稻单产提高了 40%，单产提高的原因有品种改良，化肥与农药的普及，灌溉设施的整备等，其中施用化肥作出的贡献程度达到了 25%以上（资料 1）。

联合国的国际土壤肥沃度以及农业开发中心（IFDC）在 2006 年发表的报告中指出，因为没有施用足够的肥料，非洲的耕地土壤正在快速地失去养分，已经有 75%的耕地显著贫瘠劣化。随着非洲人口的增加，需要更多的粮食，但因为耕地土壤的贫瘠劣化，若不改变现有的栽培方式的话，今后农作物单产可能会减少 30%（资料 2）。该报告中提到，2002 年到 2004 年的 3 年里，非洲 85%的耕地每年失去的养分量达到 30 公斤/公顷。安哥拉，布隆迪，刚果，几内亚，卢旺达，乌干达等国耕地的养分损失量更大，每年达到 60 公斤/公顷。其原因是每年在耕地上种植同一作物，栽培时也没有施用肥料来补充被收获物带走的养分。与 10 年前相比，75%以上的耕地已经丧失了 40%的农作物生长所需养分，所以非洲的粮食作物单产只是亚洲和拉丁美洲的 1/3。若仍持续这样的耕作方式，不加以改正的话，15 年以后的单产有可能会更降低 30%。

土壤中任意一种养分不足，都有可能使得农作物收获量和品质下降。为了维持农作物的收获量和品质，需要从外部向土壤施用含有这些养分的肥料来补充不足的养分。化肥的养分含

量高，肥效快，是最适用于补充土壤养分的资材。

提倡有机农业的人士所信仰的理论是，只要注意施用有机肥料的话就可以完全不用化肥。他们毫无根据地相信有机肥料足够可以保证收获量和提高收获物的品质，又能够减轻环境负担，是最好的选择。关于化肥与有机肥料的优劣，作者会在别的文章中加以阐述。但是 2012 年发表的 2 编论文确凿地说明了在补充土壤养分的意义上，有机肥料远远不及化肥。

1 编论文是荷兰的 Ponti 等人用统计方法将发表在学术杂志上的 362 件研究报告进行了统计得出的结论（资料 3）。作者从发表在学术杂志上的 362 件研究报告中，抽出单位面积收获量（单产）进行统计比较，其结果是只施用有机肥料的有机农业的 25 种农作物的平均单位面积收获量只是施用化肥的现代农业的 80%。大豆，水稻和玉米的有机农业栽培方式的收获量可以达到施用化肥的现代农业栽培方式的 80% 以上，但小麦，大麦，马铃薯等其他作物的有机栽培收获量还达不到现代农业栽培方式的 80%。有机农业比不上现代农业的原因是养分供应不足，不能满足农作物的需求和不使用农药会扩大病虫害的影响。

另 1 编论文是加拿大和美国的研究人员发表在「Nature」杂志上的论文（资料 4）。作者调查了记载有栽培面积和产量的 66 件研究报告，发现只施用有机肥料的有机农业的 34 种农作物的单位面积收获量的平均值只是施用化肥的现代农业的 66%，要比现代农业减少 34%。具有根瘤菌可以自行固氮的大豆的收获量减少幅度不大，但蔬菜和谷物的收获量会大大减少。推测其原因主要是只施用有机肥的话，土壤中的氮养分不足，不能满足作物的需求，导致作物生长不良，影响收获量。

不施用化肥，只是施用有机肥的话，农作物因养分不足会减少收获量。若完全不施肥，收获量的下降当然就更加明显。因此，为了维持农作物的收获量，化肥的施用是必不可少的。但是施肥过剩的话，不仅浪费了资源，没能被作物吸收的养分还会流失逸散，给地下水和地表水造成污染。合理施肥，适量施肥是现代农业的关键之一。

参考资料：

- (1) Herdt, R.W., and C. Capule. 1983: Adoption, Spread, and Production Impact of Modern Rice Varieties in Asia. *International Rice Research Institute (IRRI)*.
- (2) http://www.eurekalert.org/africasoil/report/Soil_Nutrient_Mining_in_Africa_Report_Final.pdf
- (3) Tomek de Ponti, Bert Rijk and Martin K. van Ittersum. 2012: The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural Systems*, Volume 108, April 2012, Pages 1-9
- (4) Verena Seufert, Navin Ramankutty & Jonathan A. Foley. 2012: Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485, 229–232 (10 May 2012)