



现代农业与肥料系列丛书

Modern Agriculture and Fertilizers

中国项目

China Program

特刊 4 号

Special Publication No. 4



施 肥 与 环 境

钾磷研究所 (美国) 著

中国农业科技出版社

施 肥 与 环 境

钾磷研究所（美国） 著

景海春、兰耀龙、程 奕 译

吴荣贵、金继运 校

中国农业科技出版社

(京)新登字 061 号

内容提要

本书综合了各相关学科的专家观点,旨在提醒人们注意施肥与环境的关系,以及如何协调这些关系,通过科学施肥,保护土地资源的环境质量。书中许多问题看似简单,实则尖锐。问题从全新的角度提出,引人深思。既可供从事农业、环境工作的专家、学者阅读,也可供农业、环境工作的决策者们参考。本书言简意赅,花时不多,信息量不少,值得一读。

※ ※ ※

现代农业与肥料系列丛书

施肥与环境

景海春、兰耀龙、程奕 译

吴荣贵、金继运 校

终审 薛尧

※

农业科技出版社出版(北京海淀区白石桥路30号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

敦煌印刷北京有限公司印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 44 字数: 150 千字

1994 年 5 月第一版 1994 年 5 月第一次印刷

印数: 1—20,000 册 定价: 12.00 元

书号: ISBN7-80026-768-7 S.484

译文前言

钾磷研究所 (PPI, 美国) 和农业科学研究基金会 (FAR, 美国) 多年来对环境保护和施肥与环境的关系十分重视, 早在 20 年前, 就联合出版了《施肥与环境》一书。该书于 1991 年再版, 收入了施肥技术、施肥与环境关系等相关领域的最新研究进展, 引用了有关单位及学者在施肥与环境关系方面的新的观点和见解。旨在引导人们合理施肥, 探索施肥对环境影响的规律性, 以实现科学施肥, 保证土地资源的充分利用, 促进农业生产的持续稳定发展, 保护或改善人类生存的环境。

我国人口众多, 土地资源有限, 施肥在农业生产发展中发挥着更为重要的作用, 化肥用量及其在肥料中的比重逐渐增加, 如果施用不当, 则会对环境产生不利影响。因此, 了解施肥与环境的关系至关重要。为此目的, 我们组织了该书的翻译出版工作。

本书的前言、第 2、7、8、10、13 章由景海春翻译, 第 3、4、5、6 章由兰耀龙翻译, 第 1、9、11、12 章由程奕翻译, 程鹿峰进行了部分校对工作, 吴荣贵对全书进行了通校。

本书的翻译和出版发行是中国 - 加拿大钾肥农学第 III 期项目的一部分, 得到了加拿大国际开发署 (CIDA)、加拿大钾肥出口公司 (Canpotex) 和加拿大钾磷研究所 (PPIC) 的资助。中华人民共和国对外经济贸易合作部 (MOFTEC)、农业部 (MOA)、中国农业科学院有关领导部门给予了大力的支持, 一并表示感谢。

本书的编辑出版是利用加拿大钾磷研究所北京办事处计算机激光照排系统完成的。该办事处的梁鸣早负责该书译本的编辑和排版, 高永刚作了大量的录入排版工作, 特此致谢。

金 继 运
1994 年 4 月 22 日

序 言

为了子孙后代而关注保护地球资源的人，一定会思考有关粮食生产问题。人类正在利用自然资源以满足日益增长的人口对食物和其它物质的需求。

诸多因素限制着粮食增产，肥沃的土壤并非分布在人口最密集和最需要的国家。靠绿色革命提高作物生产力的运动使众多国家已陷入困境，人们对高度集约化农业给环境的影响所表现出的担心已使许多发达国家取得的成就，停止甚至倒退。饮用水中硝酸盐的含量和食物中可能残留的农药，使得世人对现代农业主要管理措施之价值产生了质疑。

简言之，技术条件的制约，社会的疑虑，落后的科学教育，以及学科的不同等等都对现行粮食生产的基石——土壤提出了挑战和威胁。

怎样才能摆脱困境？唯一的答案是没有的……而是有很多解释。但存在的问题如此繁多，可能解决的途径又如此错综复杂，单一的学科和方法都无法成功。这需要社会各界不同学科的努力，协同攻关。

一个可行的办法首先是确定要解决的问题所在。这正是本书的意图。我们荣幸收集到农业和环境方面广泛的资料，这是各院校、州立或省属及联邦研究机构中科学家们辛勤工作的结晶。

本书重点是使读者了解植物养分的作用和肥料的施用。农民应当有权按特定耕作制度自由选择施用不同数量和不同品种的肥料。任何有关肥料使用方面的强制性约束都将导致产量下降并削弱农民管理的灵活性，也无法实施最佳管理措施（BMPs）。同时，农民及肥料供应者的共同责任还在于确保合理的肥料品种和用量，以达到实现目标产量和保护环境的目的。

关于肥料使用与粮食生产及环境的关系，仍有许多问题有待我们去学习和认识。对现有的大量知识进行广泛地探讨，有助于我们发现重要的未知信息！

鉴于此，钾磷研究所（PPI）和农业科学研究基金会（FAR）奉献出这本小册子：《施肥与环境》。这是钾磷研究所二十年前原版书的修订版。这本书体现了我们长期致力于作物生产和环境保护研究的锲而不舍的奉献精神。

当然，这本小册子不可能回答所有的问题。它仅仅指出了目前环境问题中常被忽略的有关事实，换言之，也就是那些很少引人注目的事实。

我们毫不隐讳自己的观点，因为完全中立是不可能的。我们只想指出农业中确实存在的问题，而这些问题绝不是一二个答案所能解决的。

本小册子引用的并不是某一学科的知识，提到的也并不是某一专家，因为在这方面不存在专家，只有勇于探寻奥秘、不断解决矛盾的探索者。

达斯特博士
农业科学研究基金会总裁

大卫·W·迪布博士
钾磷研究所总裁

钾磷研究所（PPI）和农业科学研究基金会（FAR）奉献出这本小册子：《施肥与环境》。这是钾磷研究所二十年前原版书的修订版。这本书体现了我们长期致力于作物生产和环境保护研究的锲而不舍的奉献精神。

目 录

一. 肥料基础知识	1
二. 粮食生产的趋向和需求	3
三. 肥料与环境	6
四. 肥料利用率的发展趋势	9
五. 养分平衡概算	11
六. 氮和环境	13
七. 植物的氮源	17
八. 高产农业的持续发展	20
九. 动物厩肥和环境	24
十. 豆科植物和环境	26
十一. 磷与环境	29
十二. 土壤测试和环境	31
十三. 灌溉、水分利用率和环境	33
参考文献	35

一、肥料基础知识

1. 什么是肥料?

肥料是植物的粮食, 这包括补充土壤供应所需的养分。土壤提供的养分一般很难满足作物的需求。

几个世纪以前, 人们就了解到补充土壤养分的必要性。例如, 人们很早就认识到动物厩肥是植物营养的宝贵来源。但随着人口的增长及对粮食需求的增加, 还需要补充其他来源的植物养分。肥料工业的发展满足了农业对养分的需要, 使其成为既可靠、价格又合理的养分来源。

2. 肥料中哪些是最常见的植物养分?

肥料中最常见的养分是氮(N)、磷(P)和钾(K), 作物对这三种养分的需要量最大, 这往往也是土壤中首要的限制因子。肥料的养分含量可根据作物的需求及土壤养分状态而改变。州及省已制定出必须在肥料袋上标明养分含量的法律, 以使农户或其他用户了解准确的养分含量。

3. 哪种养分最有可能引起环境问题?

氮和磷与环境关系很大。当氮以硝酸盐的形态进入水源, 且浓度相当高时, 则对人类健康产生潜在危害。磷刺激了湖泊、河流中藻类的生长。钾对环境不产生任何有害的影响。

“无论是谁, 如果使只长一穗的玉米结两个穗, 或使长一片叶的牧草长出两片

叶子, 那么他将比所有政治家加起来对国家和人类的贡献更大。”

——18世纪英国作家: 乔纳森·斯威夫特

4. 农户怎样确定肥料品种和用量?

联邦研究人员在大学试验地早已进行过一些植物营养研究。通过研究, 已确定出对不同土壤、不同作物准确的养分推荐量。而且大多数州和省的推广站根据种植作物, 目标产量、土壤养分含量、施肥历史、作物轮作制及土壤质地公布了“官方肥料推荐用量”, 根据近期研究成果, 对推荐量常常进行校正, 其推荐量应保证是经济效益最好, 又不造成环境污染。

5. 美国、加拿大的肥料用量如何?

美国目前氮、磷、钾肥的年用量为4400万吨, 加拿大为400万吨。肥料施用按每公顷用量及施用面积确定。在50、60和70年代, 肥料用量的增加主要是单位面积用量高而引起的。自80年代后, 作物种植面积递减影响了肥料使用, 所以80年代初是化肥使用的高峰。而后美国磷肥和钾肥的消耗量减少, 氮肥用量保持相对稳定。

6. 为什么现在农民施肥量较25年前多?

化肥的使用使作物产量和土地生产力同时得到了提高。影响作物产量的诸因素

中，单位面积的施肥量与（历史）产量的关系最为密切。

7. 一些人认为农民使用了过多的化肥。化肥施用的趋势是什么？

有人认为，受一些政府项目和农业企业的刺激，农民追求高产而不追求效益。这就意味着过量施肥成为一个普遍问题。然而，美国农业部对过去 10 年的统计表明，事实并非如此。

从 1979 年以来，每亩施氮量略有增加，而磷、钾的使用却有所下降。这正反映了过去 10 年，农业经济环境的不理想现象。

8. 如果农民的化肥用量太高，这是否能在土壤肥力普查中反映出来，普查结果如何呢？

某些地块土壤肥力在增加，而许多地块磷钾水平已降低，这表明了养分正在耗竭。北美土壤测试结果表明，在许多州或省，50% 以上的土壤测试值低于高限，这有力地证明了肥料并非过量。大多数农民也从事商业工作，并仍在受着经济效益的压力，这就促使农民不会使用超过土壤测试和通过其他作物诊断措施验证的推荐肥料用量（1）。

注：括号内的数字指参考文献的序号

9. 如果由于不断的种植而不补充带走的养分，致使土壤养分水平下降，土壤生产力将会发生什么变化？

长期定位试验表明，如果农民任其土壤养分耗竭，必然使土壤肥力不平衡，而且作物产量（农民的利润）下降，土壤生产力也将受到影响。优良的土壤经营及作物管理仅仅一年时间是不能完成的，而这是一个累进的过程，必须每年进行，以获得并保持高产、高效的种植制度（2）。

二、粮食生产的趋向和需求

10. 美国和加拿大生活水平高的原因？

我们享有今天这样空前高水平的生活，应归功于农民和农业工作人员。倘若农民的生产不是如此高效，人们用于食物的支出将平均占收入的 12% 以上，相应地，人们用于买车、购房和度假的费用减少。甚至，我们 98% 的人将不能自由选择非农业职业，而恰恰是这些职业为我们提供了种类繁多的商品和价格优惠的服务。

对大部分美国和加拿大人来说，食物的获得不过是去就近的超级市场旅行一趟，那里有 8,000 余种食品可供人们挑选。很少有人能清醒地意识到食物供应的现状和未来。事实上，现在与食物有关的主要问题之一是：我们应该少吃些！否则，人类将无法解决这样的现实问题——如何供养我们面临的日益增长的人口。此外，在今后十至二十年间，人类将遭受历史上从未有过的人口增长和食物供应日趋紧张的压力。

——美国前农业部长，美国农业委员会名誉主席：奥维尔·费里曼 (3)

11. 低廉的粮食价格使何人受惠最多？

低收入者受惠最多。他们用于食物的支出远远高于美国和加拿大一般家庭的平均水平 (12%)。低收入阶层在所有收入人口中所占比率是 30%，他们家庭收入的一半以上用于食物支出。他们最为关心的是如何挣钱养家，而不是粮食如何生产。对这些人而言，即使粮食价格稍有增加，也

会使他们的生活陷入困境。

通过分析家庭收入和用于食物的支出表明：30% 的家庭用于食物的支出占其家庭收入的一半以上。50% 的家庭其收入的 30% 用于食物支出。任何使美国农业生产能力下降的政策，其后果实际等于向农产品消费者征税。

——依利诺斯农业试验站站长：唐·霍尔特博士 (4)

12. 美国和加拿大农民是否仍需一如既往尽力生产粮食？

时至今日，粮食需求尤为巨大，且增长迅猛。现有的 53 亿人口预计到 2000 年将增至 61 亿，而到 2025 年将达到 82 亿。如果这样大的数字不好想像，那么即使用较小的时间尺度推算，数目也是惊人的：每天要多供养 241,000 人口，相当于一个月多供养 730 万，一年多供养 8,800 万。

短期内无望缓解这种人口增长趋势。可以肯定，将来粮食需求会远远大于现在。过去，北美农民充分展示了他们提高生产的才能和愿望。目前的关键在于政府政策是否允许农民继续做他们出色的工作：生产粮食和纤维，以满足人类的需求 (5、6、7)。

13. 粮食生产是否已满足人口增长？

幸运的是，过去的岁月里世界各国农民已设法满足了对粮食的需求，甚至还提高了人均粮食占有量。自 1963 年到 1988

年的 25 年间,世界粮食生产翻了一番,人口增长了 60%(从 32 亿增至 51 亿)。目前,美国粮食增产将近一倍(6,7)。

14. 粮食增产的途径是扩大作物种植面积还是通过提高生产力?

近几十年生产力的提高是粮食生产得以满足需求的主要原因。自 1950 年迄今,世界单位面积粮食产量增加一倍以上(7,8)。

15. 目前粮食生产趋势如何?

就粮食作物生产而言,80 年代增长趋于缓慢,1990 年人均生产量低于 1980 年。预计 90 年代人均粮食生产量仍将下降(7,8)。

16. 水稻作为世界的主要粮食,其生产趋势如何?

现在的问题是产量无法提高。世界水稻需求量预计将由现在的 5 亿吨增至 2020 年的 7.6 亿吨。届时,估计在 80 亿人口中将有 43 亿为水稻消费者(9)。

17. 若世界人口如多数专家预测的那样迅猛增长,那么所需增加的粮食主要是来自新垦土地还是通过提高现有耕地的生产力?

目前,不太可能有良好的新垦土地用于粮食生产。粮食生产的增加将主要依赖于提高现有耕地的生产力。

人口增长对粮食生产用地的压力很大。1980 年全世界主要作物人均收获面积为 0.174 公顷,1988 年减至 0.15 公顷,预计到 2000 年还会下降到 0.13 公顷。

除非人口增长减缓,否则,粮食生产必须以每年 2% 以上的速度增加方可维持现在的粮食消费水平。同样,若是提高现有的消费水平,则必须相应地提高粮食生产的年增长率。在 1988 年,粮食供应的脆弱平衡受到强烈冲击,当时粮食主产区发生干旱并使粮食储备锐减至临界水平(10,11)。

农业的进步需要科技强有力的支持。

——1988 年农业科技委员会专案组年度报告(12)

18. 发展中国家对粮食需求的增长是否更加迫切?

下文对此提供了某些透视:

“全球人口仍以 1.6-1.7% 的速率增长,致使每年农产品消费者增加近 9000 多万人。而发展中国家增长的人口占其 90% 以上,而且在这些地区人们正遭受粮食短缺之苦。人口如此增长不仅年复一年地增加了对粮食的需求,而且如此众多的人口还使得环境和自然资源质量下降,进而威胁着大部分农业地区生产力的持续发展。例如,对粮食需求的不断增长已迫使第三世界国家的农民不得不砍伐森林,在坡地及其它土地上耕作,这种现状,加上传统的集约化经营,已加速了土壤的侵蚀和地力下降。”

——佛罗里达大学名誉校长: E. T. 约克博士(8)

19. 为满足世界对粮食的不断需求,我们应采取哪些对策?

诺曼·博劳克博士认为,为了增加粮食生产,必须提高现有土地的生产力,必

须综合考虑各种因素，才能真正达到该目的。这包括以下几方面：

- 土壤肥力的恢复和维持。
- 优良作物品种的选育和应用。作物品种在遗传学上应具有较高的产量潜力、较强的产量稳定性和抵抗病虫害能力。
- 先进的作物管理措施。包括对病虫害和土壤肥力的综合管理措施。

20. 农民若停止使用肥料和农药会对粮食生产有何影响？

据估计，在农业/畜牧综合管理制度中，农民如果停止使用氮肥和农药，粮食产量将下降 15-25%。同时粮食作物播种面积亦将减少，原因在于需要增加豆科植物种植面积以提供部分氮素。任何时候，产量的降低和种植面积的减少都将明显降低粮食总产量 (12, 13, 14)。

“即使目前的人均粮食消费水平保持不变，随着人口的增长，世界年粮食生产量在今后 37 年间需增长 70%。为提高贫困者或营养不良者的生活水平，2025 年世界

粮食需求将达到 90 亿吨。这个数字是 1988 年世界粮食总产量的两倍以上”。

“就现有的科学技术水平而言，我认为农业化学品的明智使用，尤其是化肥的使用，对满足目前 53 亿人口（年增加 8800 万）的生活至关重要”。

“人们还需清醒地认识到，时针不会逆转。人类再也不可能回到 30 年代美好的往昔。”因为当时人口仅为 20 亿，所以无需使用化学药品和化学肥料。

“人类忍饥挨饿，就不可能有世界和平。当今农民若不使用化肥和其他化学辅助剂，世界必将面临末日。”这并非是由于化学毒害所致，而是由于饥饿。

——诺曼·博芬克博士 (6)

21. 化肥和农药匮乏致使农作物产量减少而对其价格将有何影响？

据测，作物产量每降低 1%，其价格将升高 1-5%（变化幅度取决于作物种类）。最终将导致粮食价格猛涨。另一可能的结果是由于扩大作物生产而最大限度地使用耕地，从而造成环境危机。

三、肥料与环境

22. 化肥批评家认为连续使用化肥会危害土壤，而事实如何呢？

一些人总是错误地认为化肥会破坏土壤，但大量事实恰恰与此相反。世界各地试验站长期研究的结果是产量比过去只高不低 (15)。

这里是一些研究实例：

- 英格兰洛桑试验站布劳德保克试验地 (Broad balk plots) 从 1843 年开始施用化肥，但现在的产量比过去任何时候都高。
- 在新西兰和澳大利亚，当土壤中施入足够的硫和磷时，其腐殖质和有机氮含量升高。
- 丹麦阿斯科夫试验站 (Askov station) 50 多年的比较试验表明，化肥比有机肥更为有效。
- 由于根的不断伸长，增强了土壤的团聚作用，合理施肥增加了作物残体的腐解量，进而改善了土壤性质，并使土壤易耕性增强，具有更好的保水性能 (13)。

在伊利诺斯州、密苏里州、宾夕法尼亚州以及英格兰的一些试验区，一百年试验期间因为没有施肥或施肥不当造成有机质耗竭和耕层变浅，当根据作物的需求适当施用肥料和石灰时，产量立即增加。一直进行合理施肥的相邻试验区，不管施用有机肥还是无机化肥，生产力都没有下降。而且不论养分来源是有机的还是无机的，小麦或玉米的品质都不会有明显差异 (16、17、18)。

23. 美国玉米主产区 (Corn Belt) 是北美施肥量最高的地方，那么长期施肥对肥沃草原土壤有何影响呢？

伊利诺斯大学的莫罗试验区 (Morrow Plots) 建于 1876 年，目的是为了搞清位于中西部中央地带的肥沃草原土壤是否会因为连续种植而贫瘠化。这是美国最早的试验地，它为我们提供了大量宝贵资料。例如：

- 作物轮作——不施肥料——有利于保持土壤有机质和氮水平，但未能维持高生产力。
- 必须施用肥料和石灰才能保证营养供应并维持生产力。
- 若前季作物消耗了养分，施入足够的肥料可以防止有机质含量下降。
- 作物轮作并配合施肥，产量最高，并能保持较高的有机质含量 (17)。

24. 有人认为长期使用肥料导致土壤板结、透水性差。有无研究结果支持这一观点？

长期定位研究已经表明，施肥可改善土壤的物理性状。这主要是由于有机残体还田的数量增加所造成的。某研究表明，种植 27 年后，施氮 180 公斤/公顷的土壤吸水速率是施氮 45 公斤/公顷的两倍以上，而吸水速率是标志土壤物理状况的一个重要指标 (19、20)。

25. 化肥提供的植物营养比动物厩肥和饲用绿肥中的养分对环境危害大还是危害小？

化肥是作物生产中最易控制的营养来源。通过仔细选择施肥量、施肥位置、化肥品种和施肥时间,可以使肥料用量接近最佳量,从而获取经济和环境效益。相反,即便可能也很难控制动物厩肥、饲用豆科植物或其它有机废弃物中氮的释放数量和时间,当它们作为植物的主要营养来源时,与化肥相比实际上增加了环境风险(21)。

“动物粪便和其它有机肥料的施用已有悠久历史。虽然对这些肥料的利用已进行过改进,但这对美国农场的投入产出情况几乎毫无影响。就现在的畜类价格和消费者的购买趋势而言,似乎牲畜数量和它们的粪便不会明显增加。”

——伊利诺伊斯大学: R. G. 赫夫特博士和 E. D. 纳夫齐格博士(22)

26. 作物施肥为何有利于净化大气呢?

施肥改善了植物营养,增强了植物的光合作用,因此又可调节大气中氧气和二氧化碳平衡。每公顷产量为6300公斤的玉米地可同化8吨的二氧化碳,释放6吨的氧气。这些氧气足够12个人呼吸一年。若大气中二氧化碳的浓度为300mg·Kg⁻¹,6300公斤/公顷的作物需要同化30516吨空气构成其碳物质。当施用足够的肥料使产量达9450公斤/公顷时,其同化量至少增加三分之一。任何其它工业都没有这种改善大气质量的能力。

27. 肥料能否减少土壤侵蚀造成的环境危害?

合理施肥有助于防止土壤侵蚀。这是因为在众多的防止土壤侵蚀系统中,最基本的是植被,而肥料是刺激植物迅速生长的重要营养来源。不过,必须有全面的防

止侵蚀措施,如果不配合其它控制措施而单单增加施肥,结果不但侵蚀量一样,而且沉积物中含有更多的养分。

28. 人们常常提到饲用豆科植物和动物厩肥是提高土壤有机残体的重要因素。那么施肥后作物的残体是否有助于增加土壤的有机质呢?

不论养分来源如何,足够的植物养分直接影响作物的有机残体量。研究表明,化肥将增加许多作物有机残体数量,进而提高土壤生产能力(18、26、27)。

“通过合理施肥,土壤肥力升高,蚯蚓的大小和数量必然会增加。”

——“R. A. 奥尔森教授, 1972(13)”

29. 环境中有多少植物有效氮和磷来自化肥?

就美国农用大田而言,肥料中的氮、磷分别占植物总有效氮、磷量的26.6%和29.2%。若按美国全部土地(包括排地)计算,则来自肥料中的氮、磷分别为12.9%和21.6%,显然还是以自然环境中的氮、磷为主。因此若想解决氮和磷带来的环境问题,只考虑化肥中的氮和磷是片面的(28)。

水体中有一个与水体周围的土壤和岩石相关的基础磷水平,这是通过渗滤水作用而形成的,而在地球出现人类前后这个过程就已存在。它们在不断地循环着,养分在某处消失,必在它处出现。只要地球依然存在,养分的循环将会一直延续下去。

美国中西部土壤中,平均每公顷每个生长季节从有机质中释放90公斤的有效氮,而整个美国土壤每年的氮损失超过2000万吨。进入环境的氮中,约100万吨来自细

菌和藻类固定的氮，500万吨来自大气，1000万吨来自牲畜粪便，800万吨来自食品造成的生活污泥。加上来自食品和纤维加工工业的氮，在我们环境中迁移的氮量的确很大。相对而言，用于作物生长的肥料氮仅是非常小的一部分（16）。

30. 当施氮量增加时，地表径流中的氮含量会增加吗？

研究表明，当农户施用充足的氮（但不过量）以获取最佳产量时，由径流损失的氮量一般很少。密苏里州的试验指出，当施用最佳量氮肥时，径流中的氮量仅有少量增加，只有当施氮过量时径流中的氮才明显增加。不过，施用高氮量，的确可使径流量和土壤侵蚀明显减少（30）。

1977年由片蚀和沟蚀造成的损失一半以上是发生在美国10%的耕地上。放弃这些易受侵蚀土壤，转而加强对不易被侵蚀土壤的耕作管理，是另一种减少径流的有效办法（31）。

正确使用肥料有助于解决侵蚀问题。在合理管理下，茂盛的作物比营养不良的作物能更好地保护表土（32）。

31. 施肥是如何帮助我们保护环境的？

肥料的使用通过许多途径帮助我们改善环境：

- 肥料可防止土壤肥力下降，甚至还能使土壤肥力提高。土地刚开垦时土壤养分水平持续下降，施入厩肥和豆科绿肥后，才延缓其下降速度，直到1940年化肥被广泛使用后才不再下降。

- 肥料可使农户将更多的边缘地带（太湿、太陡和易被冲蚀的地方）变成草地或自然植被，这样就减少了沉积物的流失，而沉积物的流失恰恰是磷被迁移至河道的唯一途径。
- 肥料能使我们减少粮食种植面积而生产出所需要的粮食，而且造成的环境影响相对较小。如果没有肥料，如今的很多野生动物保护区和娱乐场所将不得不用来生产粮食（17、18、30）。

由于应用了作物新品种、采取了较好的土壤管理措施和农业生产中最佳的种植技术，氮的利用率明显提高。例如，英格兰洛桑试验站的长期定位试验表明，在1852年—1867年间，小麦（麦粒加麦秆）仅利用了所施氮肥的30%，而1970—1980年间上升至86%（13）。

在缺水（但能控制）的地区，获取作物最大经济产量的根本措施是提高水分利用率。这个目标只有在作物有充分的养分供应下才能实现。（33）

据资料记载，许多情况下作物施用磷、硫、镁、铜、钼及其它营养元素后，可减少或消除这些作物作为动物饲料时的营养缺乏现象。由于发现了这些元素的营养作用，在美国西部、澳大利亚和新西兰的大片地区已成功地发展了畜牧业（34）。

“正如我们不能回到过去的医学、航天、交通或科学及文化的其它领域一样，我们也不能返回已逝的旧农业”

——汤米·欧文，乔治亚州农业厅委员

四、肥料利用率的发展趋势

32. 肥料利用率的趋势怎样？

现在美国农民使用的化肥比 25 年前多，但事实表明他们也大大提高了肥料的利用率。

按单位产量吸收投入的养分计算，美国粮食作物上肥料的利用率呈明显上升趋势。美国农业部（USDA）的调查表明，八十年代后期肥料利用率比过去 20 年任何时候都高。这是粮食作物生产方面引人注目的成就，使产量得到了迅速提高（35）。

33. 在美国，用于玉米的肥料最多。玉米上肥料利用率又如何呢？

玉米上肥料利用率从 1970 年到 1985 年间变化不大，但八十年代后期得到了提高。如今，美国农民单位肥料投入所收获的玉米量是自六十年代以来最多的，这表明农民正在明智地应用肥料，并不断地提高肥料的利用率（35）。

34. 农民怎样才能提高肥料的利用率呢？

肥料利用率的提高充分证明了最佳管理措施（BMPs）在美国正得到广泛应用。BMPs 是通过研究提出的“提高作物产量、保护自然资源和最佳利用一切农业投入的措施”。

BMPs 是通过提高植物养分吸收，减少养分从土壤中的损失而提高肥料利用率的。作物的 BMPs 措施包括：选择最佳种植日期、优良的品种或优化的杂交品种、及时的除草和防止虫害措施以及高密度、均匀种植。

肥料的 BMPs 措施包括：土壤测试、分期使用肥料、条施肥料、使用硝化抑制剂，根据土壤分析结果及目标产量仔细调配肥料用量。

“关于美国农业不可能有大的变化之假设是不正确的：我们看到，过去 20 多年在耕作和虫害控制方面的变化，在 1960 年算得上是一次革命。随着市场压力的增加，人们更多地注意产品质量、产品的其它用途和产品增值技术。简单地认为农业不可控制地走向灾难性混乱的观点与我们过去在工业上表现出的灵活性是不相符的。科学研究将继续引导必要的变革。”

——伊利诺斯大学：R. G. 赫夫特博士和 E. D. 纳夫齐格博士（22）

35. 美国和加拿大肥料利用率与其它国家相比如何呢？

增施肥料是美国和加拿大的农民成为世界上最可靠的粮食供应者和主要粮食援助者的原因之一。和其它粮食主要生产国相比，美国和加拿大显然更有能力使每吨肥料生产出最多的粮食（7）。

36. 肥料利用率还能提高多少？

大多数用来提高肥料利用率的措施是明智之举，应当受到鼓励，但也有值得注意的方面。美国现在作物产量不断增长而磷钾肥用量不断下降的趋势在农业经营学上是不匹配的，不能任其无休止地发展下去，因为作物产量将受制于养分的供应不

足。过分地强调肥料利用率会使作物生产受到限制。

37. 强调肥料利用率往往使投入的养分尽可能地降到最低水平。是否还有其它方法能使肥料利用率提高呢？

任何提高作物产量的措施都直接影响肥料的利用率。例如，选用优质品种或杂交品种使产量提高 5%，肥料利用率也会相应提高。轮作、种植日期和播种量也与肥料利用率有关。

联合国粮农组织（FAO）的一份报告中，强调了肥料的使用应和其它生产投入相结合的重要性。报告指出，“肥料利用率可因其它种植措施的管理不当而降低 10—50%。只有使农业管理技术得到全面应用，才能保证取得最高的肥料利用率。”（16、36）

“显而易见，对大多数发展中国家来说，为满足现有人口的需求就必须使粮食产量明显增加。除非人口增长得到明显控

制，否则很难满足将来人类不断增长的需要。这是如今全球饥饿和营养不良问题的核心。”

——佛罗里达大学名誉校长：E. T. 约克博士（8）

38. 土壤中某养分的缺少是否影响其它养分的利用率呢？

讨论农业种植对环境的影响时，常把各种肥料养分混为一谈，这未免过于简化了，因为忽略了各种养分的相互作用对肥料利用率的影响。例如，许多研究表明，当磷和钾用量适宜时，玉米的产量最高，且氮的利用率最高（37、38、39）。

印度旁遮普地区的研究表明，当氮与磷、钾平衡施用，没有或很少发现硝酸盐淋失。该试验的产量曲线也证明了，“当磷和钾量减少时，氮也应按比例调整。”因为这时的根系无法吸收大于其“容量”的氮，这个“容量”受制于供应不足的养分（40）。