

# 作物配置、水利灌溉、施肥及其对环境的影响

山东农科院作物所研究员 王法宏

新中国成立 50 年来，山东省的农业生产特别是粮食生产持续增长，为人民生活水平的不断提高，社会经济可持续发展提供了基本支撑和保障条件。自 1949~1999 年的 50 年间，山东人口翻了一番，总耕地面积减少了 24%，人均耕地减少了 61%，而粮食总产却增长了 4.91 倍，粮食单产增长了 4.47 倍，人均粮食增长 1.21 倍。上述成绩的取得主要来源于作物科学配置、灌溉面积的扩大及化肥用量增加等因素的贡献。当然，不合理的作物配置、灌溉及施肥等措施不仅不会促进农业生产的发展，反而会对我们赖以生存的环境产生不利影响。

## 一、作物配置及其对环境的影响

科学合理的作物配置不仅是农业高产稳产体系的重要组成部分，而且也会带来良好的生态效益。农田防护林带的建设不仅可以防风固沙、增加空气湿度、改善田间小气候、减少干热风等不利气候因素的危害，而且为益鸟的繁衍生息创造了良好的条件，而田间鸟类种群的扩大则有效地控制了作物病虫害的发生，从而在降低生产成本的同时，减少了化学农药对作物本身及环境的污染。豆科作物（花生、大豆、牧草等）进入轮作系统更是中华民族农业史上维持土壤肥力的一大创举。由于豆科作物本身可以固氮，故有明显的肥田效果。同一作物不同品种的搭配也很有学问。以山东省的主要农作物小麦为例，由于不同品种的抗病能力有差异，品种间的科学合理配置可对小麦病害的流行设一道屏障，不仅大大减少化学防病治病的成本，提高生产效益，而且减少了农产品的化学污染，有利于生产技术的无公害化。在当前小麦价格低迷的情况下，小麦品种，特别是优质小麦品种的合理配置还是农民实现规模效益的主要措施。由于小麦连年丰收，我国的粮食供求状况发生了深刻的变化，历史上首次实现了供求平衡，略有节余，出现了部分品种和区域性的过剩，造成普通低劣小麦积压严重，库存较多，而优质专用小麦供不应求，

总量不足。目前，优质小麦的市场价每公斤比普通小麦高 0.2~0.4 元。因此，进行小麦品种的合理配置、规模化种植优质小麦是农业增收、农民致富的有效途径。阳信的做法就是一个很好的启示。当前的农业产业结构调整，特别是种植业结构的调整其实质就是从经济效益出发优化作物配置。再如旱稻的推广和优化组合配置的一条重要原则是从当地实际出发，合理保护和开发农业资源，做到生态效益、经济效益两不误，否则就会贻害无穷。历史上楼兰古国的消失就是一个很好的明证。历史上我国的西北地区曾是草肥水美的人间天堂，但由于种种原因，人为地破坏了其原有的作物布局，导致气候恶化，大片土地正以前所未有的速度沙漠化。尽管国家投入巨资进行了多年的整地，但局部改善、总体恶化的趋势并没有明显改善。近来科考队对三江源头地区的考察表明，历史上水源丰富的三江平原地区由于人为的破坏，使作为原有的布局被破坏，导致该地区生态环境恶化，水源枯竭，该地区的人们不得不从几十里外买水饮用。对作为自然形成的和谐布局的破坏还导致大量的水土流失。我国是世界上水土流失最严重的国家之一，全国水土流失面积现已达 367 万平方公里，比解放初增加了 251 万平方公里，每年流失土壤约 100 亿吨，相当于全国耕地被剥去一公分的肥沃表土或相当于冲掉 1000 万亩耕地上一尺厚肥沃的耕作层，每年损失有机质约 5000~10000 万吨。黄河流域是我国水土流失最严重的区域，其水土流失面积达 43 万平方公里，几乎遍及整个黄土高原，占全国水土流失面积的 11.7%。长江流域的水土流失面积也十分严重。仅四川境内每年被侵蚀的土壤达 24 亿吨，3000 多万亩耕地每年要流失表土 2.72 亿吨。人们不会忘记 1998 年长江的世纪大洪水，就在这场罕见的灾难中，湖北江陵县有 6000 亩农田被淹，洪水退后，善良的人们发现良田已被泥沙埋了个严严实实，深度从 30 厘米到 3 米不等，我国东北地区也没有逃脱水土流失的魔掌，水土流失面积由 50 年代的 2.46 万平方公里发展到 5 万平方公里，占黑土地总面积的 42.8%。沙漠化导致土地退化是本世纪大多数国家的不幸，虽然现在还不能在广大地理区域内进行精确的测定，但我们可以从实验区的一些数据、河库淤积的研究资料、昔日绿洲变沙漠的考古和历史研究成果、人造卫星遥感摄影和一些特定地区现有的有限资料及一些零散而惊人的土地退化例子中看出土地恶化的严重性。我国现有沙漠总面积 32.8 万平

方公里（合 4.92 亿亩），占全国地域总面积的 3.4%。沙漠化影响面积由建国初期的 16 亿亩扩大到 19.5 亿亩，扩展了 21%，占国土总面积的 11.4%。华北、东北、西北地区 12 个省市近 212 个县，3500 万人受到沙漠的威胁，沙化面积还在以每年 160 万亩的速度向祖国的沃土推进。我国有草原 320 万平方公里，因缺乏宏观控制和有效的保护，伴随着过度放牧，我国草原沙化已达 17 万平方公里，退化面积达 65 万平方公里，碱化面积达 3 万多平方公里。可见，作物的合理布局也要符合自然规律，否则人类只能自食其果。所幸的是，随着科技的发展，人们已经从惨痛的历史教训中认识到了这一问题，在当前的西部大开发中，中央一再强调保护生态为先的原则，而保护生态则必须从当地实际出发，科学地调整作物配置，加大退耕还林、退耕还草的力度。只有这样，才能再造我国的秀美山川。当前，我省各地都在加快产业结构调整的步伐，但许多地方对如何进行调整并没有科学的规划，只是一味地压缩粮田面积，扩大水果蔬菜面积而已。其实，种植业结构的调整是一个非常复杂的社会问题，必须对当地的农业资源、气候资源及市场优势进行科学评判后做到宜粮则粮、宜经则经、宜饲则饲，切不可盲目从众，一哄而上，否则就会再次出现前些年山楂、杂果一起上，几年后又砍树成风的现象。建国以来，由于人多地少，我国农业一直实行“温饱战略”，农产品的生产注重量的扩增，而忽视了品质的改善。改革开放二十多年的发展，我国农业已积累了丰富的基础，农业的发展策略也逐渐由量的扩增转向质的改善，加之中国即将加入 WTO（世界贸易组织），中国的农产品市场将面临激烈的国际竞争，因此我们必须进行新一轮种植业结构调整。在这次调整中，既要优化优质农产品品种的布局，提高我省农产品的国际竞争力，又要注意充分发挥当地的资源优势，保护生态环境，把中国农村真正建成美丽富饶的乐园。

## 二、水利灌溉及其对环境的影响

山东地处半湿润易旱区，频繁发生的旱灾对农业生产构成了极大的威胁。据山东省 1470~1979 年共计 510 年的实测水文资料统计，其中有 57 年发生特重旱灾，平均每 9 年发生一次；112 年发生重旱灾，平均每

5 年一次。从 1949~1999 年的 50 年间，山东省共发生旱灾 18 次，平均受旱面积 4909 万亩，因旱年均减产粮食 36.8 亿公斤。尽管旱灾的影响严重，但粮食单产、总产随着全省有效灌溉面积的逐年增加，总体上呈现快速增加趋势，这主要归功于新中国成立以来，全省各地兴修水利，大搞农田基本建设，发展灌溉农业，农田水利建设取得显著成效。据统计，从 1949~1999 年，全省农业总供水量从 47 亿  $\text{m}^3$  增加到 186 亿  $\text{m}^3$ ，有效灌溉面积从 372 万亩增加到 7208 万亩，目前农田灌溉用水已占社会总用水量的 72.4%，成为第一用水大户。全省的灌溉面积占耕地面积的 72.38%，而灌溉农田上生产的粮食、棉花、果品蔬菜分别占全省粮食、棉花、果蔬总产量的 85%、90% 和 95%。统计资料显示，建国 50 年来，山东省的人口数量翻了一番，耕地总面积减少了 24%，人均耕地面积减少了 61%，而粮食总产却增长了 4.91 倍，单产增长 4.47 倍，人均占有粮食增长 1.21 倍。上述成就的取得主要靠水利发展的有力支持。50 年来，我省的农田有效灌溉面积增长了 19.37 倍，特别是自 90 年代以来，大力发展节水灌溉，扩大了有效灌溉面积，由此带动了山东粮食生产的稳定增长，山东省的粮食总产量自 1995 年以来连续 5 年稳定在 420~430 亿公斤，在全国粮食总产的 8.24%，居全国第二位，其中小麦产量 206 亿公斤，居全国首位。事实说明，水利不仅对粮食生产持续增长起了决定性作用，而且也为农业乃至整个国民经济和社会发展提供了重要的支撑条件。

谈到水利灌溉的重要，有必要看一看我省的水资源状况及灌溉水利利用现状。就总体而言，我国的淡水资源并不少，为 2.8 万亿立方，位居世界第四；但由于我国人口众多，人均占有量却只有 2300 立方，仅为世界人均（10000 立方）的 23%，属于缺水国家。按现行国际标准，人均水资源占有量 2000 立方就处于严重缺水边缘，人均水资源 1000 立方为人类生存的基本需求。由于我国的水资源时空分布不均，即从地理位置上来说南方多，北方少；东部多，西部少；而从时间上来分，则冬春季少，梅雨季节多，致使我国北方 16 个省（市）的人均水资源低于 500 立方，山东省仅为 357 立方，为全国平均水平的 14.3%，世界人均数的 3.5%，属全国贫水省份之一，远低于人类生存的基本需求线，与以色列、沙特这样的沙漠国家相近。按联合国的最新统计划分，人均水资源少于

1000 立方为缺水地区，人均少于 500 立方为水危机地区，因此，山东省属世界范围内的水危机地区。由于人口的增长，经济的发展，城市化进程的加快及供水多元化（农业、工业、城镇生活等），使全省水资源供需矛盾尖锐，加之自然及人为因素的影响，全省水资源形势严峻。一是河道断流，黄河是流经我省最大的河道，也是中华文明的发祥地，流域面积 75 万平方公里，是我省菏泽、聊城、济南、德州、东营等市工农业经济的命脉。可以毫不夸张地说，如果没有黄河水，东营市将成为一座死城。就是这条亿万人民的生命河自 1992 年首次出现断流至 1998 年的 27 年间，有 21 年出现断流，内河经常出现季节性断流，其中，1972 年断流 19 天，1980 年为 32 天，1997 年则增加到 226 天，且当年断流长度达 700 多公里。由于河道断流，南四湖、东平湖等也出现过干湖；二是泉水干涸，泉城济南、枣庄的十里泉，不仅泉水干涸，并引发地面下沉塌陷。三是枯水年城乡普遍发生水荒，特别是连续枯水年或特枯年，工农业争水，城乡发生水荒。四是水质污染严重，由于人为的原因，我省有限的地表水不仅失去利用价值，而且对人民的健康构成严重威胁。目前我省超 V 类的严重污染河段已占总河段的 65.7%。五是供水工程老化，效益衰减。一方面是水资源严重短缺；另一方面，由于生产技术落后，我省有限的水资源利用极不合理。前已述及，农业是我省的用水大户，农田灌溉用水占社会总耗水量的 72.4%。但由于我省大部分地区，特别是沿黄及水库灌区，普遍采用传统的大水漫灌方式，不仅浪费宝贵的水资源，而且导致土壤板结，破坏土壤结构，不利于作物的健壮生长。据调查，目前我省农田灌溉用水的平均利用率仅为 30%，而发达国家可达 50~60%；以色列 1 立方水可生产粮食 2.3 公斤，而我省平均只有 1 公斤。据估算，如果将我省灌溉水的利用率提高 10 个百分点，即由目前的 30% 提高到 40%（这一点技术上完全可以做到），则全省每年可节水 75 亿立方，相当于国家分配给山东的引黄用水量，也就是说相当于在山东再造一条黄河。

由于人口膨胀对粮食需求的巨大压力及工业化过程中耕地资源的迅速减少（耕地资源的严重匮乏是制约我国经济发展的一个重要限制因素。加拿大的人均耕地面积为 15 亩，美国为 8 亩，中国为 1.5 亩，山东仅为 1.13 亩，且 66% 为生产力较低的丘陵旱地。按现行国际标准，人均耕地

0.8 亩为人类生存的基本需求，山东省已非常接近这一临界值。值得一提的是，结构转型工业化是我国经济发展的必然趋势。据我们的近邻日本和韩国的经验，在人口稠密地区工业化的过程中，人均耕地面积要减少 40%。山东省自 1983~1997 年，伴随着社会经济的快速发展，人均耕地面积由 1.65 下降为 1.13 亩，已经减少了 31%，伴随着工业化进程的加快，这一趋势有望加速），依靠扩大灌溉面积及增加灌水数量来提高单产的做法日益普遍，因而也就不可避免地对环境产生了严重影响。据报道，目前我国的社会耗水量是 70 年代初期的 100 倍。对地下水的超量开采首先是导致地下水位大面积下降，漏斗区不断扩大。自 80 年代出现地下水漏斗，到 1997 年扩大到 1.99 万平方公里，地下水位负值区（低于海平面）面积超过 2000 平方公里。许多地方的地下水位甚至达 -50 米。地下水位的迅速下降导致地面下陷的报道屡见不鲜，对人类的生存环境构成严重威胁。有报道称，我国严重缺水的华北地区已形成一个涉及 35 个县，面积达 50 万平方公里的漏斗区，漏斗区内地面下沉，最深处达 1 米，平原地区出现了 200 条地面裂缝，长江流域的武汉地区也多次因地面下陷而导致楼房倒塌。第二是地下水超量开采引起海水倒灌，目前海水入侵已达 900 平方公里，造成大面积肥沃良田变成生产力极地的盐碱地，是我省本已极度匮乏的耕地资源更趋紧张。从全国范围看，我国土地的盐碱化与严重的次生潜育化的扩展，使大量农田的地下水位上升（海水倒灌所致），盐分也被带入土壤上层，给农业生产带来极其严重的危害。据统计，我国盐碱地面积约在 5 亿亩以上，其中耕地盐碱化约 2 亿亩，占全国耕地面积的七分之一左右；荒地盐碱化约 3 亿亩，占我国荒地总面积（18 亿亩）的六分之一，而且还有不断扩大的趋势。第三是不合理的大水漫灌是造成水土流失的重要根源之一。众所周知，土壤之于地球如同肌肤之于人体，万物之灵就寄生在地球这层薄薄的“肌肤”之上。水土流失这一威胁人类的杀手正残酷的揭去地球母亲这层薄薄的“肌肤”，使人类的万物生灵的生存面临严重的危机。水利灌溉的第四个严重后果是造成土地的污染。据国务院技术经济研究中心提供的资料，近年来全国每日排污约 1 亿吨左右，其中 90% 未加任何处理便排入江河湖泊，因水资源日趋紧张，这些被污染的水源员大多用于农田灌溉，有些地方的农民甚至被迫直接用工业废水灌溉农田，造成我国被污染耕地近亿亩，

被污染土地中各种有害物质严重超标，致使土地质量下降，有的甚至导致大片农作物枯死。

### 三、施肥及其对环境的影响

俗言道“庄稼一枝花，全靠肥当家”，可见施肥对农业生产的重要性。19 世纪 30 年代，德国化学家李比希提出的元素归还学说为化肥工业的发展奠定了理论基础，但化肥工业在我国产生则是百年以后的事情。建国前，中国无化肥工业，农民种地不使用化肥，只靠少量的农家肥维持和恢复地力。建国后，随着科学技术的发展，我国农民开始少量施用化肥，当发现其神奇的增产效果后，施用量迅速增加，由此也带动了粮食产量的迅速提高（表 1、表 2）。

表1 1949~1983 年中国化学肥料消耗总量  
及粮食产量

年份	化肥用量 ( $N+P_2O_5+K_2O$ ) (万吨)	粮食产量 (万吨)	人均粮食产量 (千克)
1949	—	11 320	209
1952	7.8	16 390	285
1957	37.8	19 505	302
1965	194.2	19 455	268
1975	536.9	28 450	309
1980	1 269.4	32 052	326
1985	1 322.2	37 898	365

从表 1、表 2 可以看出，粮食总产量与化肥施用量呈明显的正相关关系。山东省的情形和全国及世界的趋势一样。近十年山东省化肥施用量不断增加，按有效成分计算，1980 年全省化肥施用总量为 135.29 吨，到 1997 年增加到 386.7 吨，17 年间增加 31.86 倍，平均每年增加 10.9%。从单项看，钾肥和复合肥增加较快，氮肥增加较少。1997 年平均每公顷耕地施肥 578.9 公斤（纯养分），是 1980 年 186.8 公斤的 3.10 倍，山东的粮食产量也由 1980 年的 2384.0 万吨增加到 3852.2 万吨，平均每年增

**表 2 1950~1980 年世界化学肥料总消耗量  
及粮食产量**

年份	人口 (百万)	化肥用量 (N+P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +K <sub>2</sub> O) (百万吨)	粮食产量 (万吨)	人均粮食产量 (千克)
1950	2 513	14.9	7 750.0	303.4
1960	3 027	29.6	10 727.0	354.4
1970	3 697	68.1	13 681.0	370.0
1980	4 437	116.2	17 989.5	405.5

加 3.6%。施肥量与粮食产量之间具有极显著的相关关系。尽管化肥大量施用为粮食产量的提高立下了头功，但随着化肥施用量的不断增加，肥料报酬递减的问题日渐突出。据调查，1978~1984 年，每公斤化肥可增产粮食 16 公斤，1985~1993 年在每公斤化肥可增产粮食的数量降为 6 公斤，有许多地方还出现了施肥减产的现象。导致这一现象的主要原因是盲目及片面施肥。众所周知，作物的正常生长发育需要 16 种微量元素的均衡供应，其中有大量元素氮、磷、钾，中量元素钙、镁、硫及微量元素硼、锰、铜、锌、铁等。这 16 种营养元素是同等重要的，不可替代，但在实际生产中，施肥远未达到平衡，且不说中量元素及微量元素，仅就大量元素氮、磷、钾来说，就存在着严重的比例失调问题，集中表现在氮肥施用过多，钾肥施用不足。据报道，70 年代以来，我国氮肥的使用量迅速增加，近几年的年使用量已达 2000 多万纯氮，居世界之首，占世界年施用量的三分之一。另据统计资料，1980 年山东省施用化肥 N：P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：K<sub>2</sub>O 为 1：0.281：0.016，1990 年为 1：0.361：0.085，到 1997 年调整到 1：0.496：0.202，但与较合理的比例 1：0.45：0.35 仍有较大差距。化肥的使用不合理导致我国化肥的平均利用率仅为 30%，而发达国家可达 50~60%。据估算，如果通过合理施肥和改进施肥技术等措施将我国的化肥利用率提高 10 个百分点，即由目前的 30%提高到 40%，则全国每年可节约 1000 万吨标准化肥，节约人民币 100 亿元。美国的耕地面积为 28 亿亩，大于中国的 26 亿亩，但美国的化肥年施用量仅为 2000 万吨，而中国超过 5600 万吨，可见我国的化肥利用率之低下。

化肥的不合理及大量施用，不仅带来了生产成本的增加及化肥报酬的递减，而且还带来了严重的环境问题。一是严重污染地下水。据试验，



氮肥在土壤中移动性极强，随土壤水分的运动，在沙壤土可被淋洗到 20 多米深的土层，在壤土也可达 12~13 米，粘土可达 5~6 米。综合多种资料，氮肥的平均利率仅 30% 左右，50% 以上的氮以不同途径损失，进入地下水、地表水和空气。氮肥施入土壤后，一部分变成硝态氮，硝态氮极易随雨水或灌溉水淋洗到地下水。进入地下水的硝酸盐和亚硝酸盐饮用后危害人民的健康。硝酸盐进入人体后可变成亚硝酸盐，后者与氨反应生成强致癌物质亚硝胺。按现行国际标准，饮用水中硝酸盐的含量不应超过 14mg/L，而我省多数地区地下水的硝酸盐含量均超标，蔬菜大棚集中产区可达 200mg/L，超标近 15 倍。二是导致海水富营养化，破坏海洋生态环境。近年来，海水赤潮的发生频率日益频繁，其主要原因是过量施肥后，未被植物吸收的养分随雨水最终进入海洋，导致海水富营养化，致使一种腰鞭毛虫大量繁殖，从而消化了海水中的氧气，并向海洋内排放毒素，导致大量海洋生物死亡。三是破坏土壤结构，致使土地生产力下降等。

#### 四、我们的对策

##### （一）实施科教兴国战略，尽快提高我国的科技水平

当今世界是知识经济时代，科技资源的强弱决定一个国家或一个民族的生死存亡，与发达国家相比，我们的科技资源还相对落后，“用世界 7% 的土地养活世界 21% 的人口”一直是中国人值得骄傲的事实，但从另一个角度审视，我国的乡村人口占世界的 40%，仅养活了世界 7% 的非农业人口，可见我国的农业生产水平是低下的，以下为几组对比数字：

每个农村劳动力生产的农产品所养活的人口数量：美国为 102 人，世界平均为 5 人，而中国仅为 3.72 人。

每个农业劳动力生产的粮食：美国为 140000kg，世界平均为 1775kg，而中国仅有 1533kg。

每个农业劳动力所生产的肉类：美国为 12928kg，世界平均为 157kg，而中国仅为 139.6kg。

每个农业劳动力的产值：美国为 55616 美元，约合人民币 461613 元，中国仅为 7119 元，仅为美国的 1/65。

可见，农业科技资源的落后已成为我国农业可持续发展的关键限制因素。为此，我们必须采取有效措施，尽快缩小我们与先进国家的差距，以确保在国际竞争中处于有利位置。“一个没有文化的国家是落后的国家，一个没有理性思维的民族是愚蠢的民族，创新是民族的灵魂”，我国即将加入 WTO，这将会使科学知识的价值得到更好的体现。据分析，中国加入 WTO 会使我国的就业形势产生微妙的变化，加入 WTO 可带来 12000 万个就业机会，但这些就业机会对劳动力的素质要求较高，多为计算机、文秘、律师、会计、外语、金融等专业人才。与此同时，在加入 WTO 的未来几年内，我国将以 2.4%（966 万）的农民、14% 的汽车制造业工人及 7% 的建筑工人退出劳动力市场（失业）。中国是世界上农业人口及农村剩余劳动力最多的国家，据测算，目前全国农业劳动力剩余总量近 1.4 亿人（山东近 1000 万），对如此之众的农业剩余劳动力如不能有效配置，合理利用，不仅造成劳动力资源的巨大浪费，而且还会严重制约农村经济的发展。不可否认，目前农村剩余劳动力素质低下，难以适应新的就业岗位需要仍是农村剩余劳动力合理转移的一个关键性的因素。因此，采取多种形式尽快提高农村劳动力的科学文化素质就成了摆在各级领导干部面前的一项重要任务。建议利用多种形式对广大农民进行实用技术培训，以尽快提高广大农民的科学文化素质，改进它们的市场应变能力。

### （二）推广资源节约型高效农业生产技术

我国的人均农业资源极度匮乏，特别是北方 16 省（市）的人均水资源不足 500 立方，属于水严重危机区。为了农业的可持续发展和子孙后代的生活幸福，我们必须下力气推广资源节约型的高效农业生产技术，以达到节水、节肥、保护农业资源、提高效益之目的。

### （三）提高环境保护意识

要坚持发展农业生产与环境保护并重，研究推广无公害、无污染有机农业生产技术，保护我们的土地，保护我们的河流，保护我们的海洋，保护宝贵的地下水资源，努力减少化学肥料及化学农药（包括除草剂）的施用量，保护我们的地球，也就是保护我们人类自己。