

治理黄淮海平原四十年

——为庆祝建国40周年而作

刘文政 王遵亲

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

本文总结了中国科学院南京土壤研究所建国以来的在治理黄淮海平原工作中所取得的主要成果。

黄淮海平原是我国政治、经济、文化的中心区之一，也是我国最大的平原农业区。自然条件较好，农业历史悠久，农产品总产量在全国占有很大比重。但由于受季风气候的影响，降水集中，旱涝无常，盐碱危害，土地肥力不高，作物产量低而不稳。40年来，国家对该平原的治理开发非常重视。我所根据国家需要，开展了大量科研工作，对该平原的旱、涝、盐碱的综合治理和农业发展作出了应有的贡献。现将取得的主要成果介绍如下。

50年代——查清土壤资源，找出阻碍农业生产的限制因素

建国伊始，国家为查清土地资源，开发黄河水利，发展灌溉农业，提高农业生产，进行了苏北滨海、山东打渔张、淮北平原土壤调查研究，1954年接受国务院下达任务，由中国科学院和水利部主持，组织了以我所为业务骨干、有水利部和地方科技人员参加的600余人的大规模的华北平原土壤调查队伍，在3年时间内完成野外调查任务，同时开展了一些定位试验研究。随后又参加了全国土壤普查、深耕改土和丰产经验总结等工作。这一时期的主要科研成果如下：

1. 查清了华北平原19万平方公里土壤资源状况，根据自然条件特点，土壤发生演变规律和农业生产特征，提出了土壤利用改良分区，编制了1:150万土壤图集和1:20万土壤图，完成《华北平原土壤》专著。

2. 用发生学观点系统地研究了华北平原土壤的形成条件、过程、特性和分类，改变了过去统称“冲积土”的命名，对各种层状沉积物发育的土壤类型，特别是褐土、浅色草甸土（潮土）和盐碱土的形成过程、发展阶段、分布规律及其特性进行了深入的研究。

3. 揭示了第四纪河流沉积规律，层状沉积物结构、类型以及对土壤水、肥特性、水盐运动和农业生产的影响。

4. 开创性地研究了浅层地下水与土壤盐渍化的关系，根据砂、粘相间的沉积层次所形成的岗、坡、洼地形与水盐运动状况，总结出旱涝盐碱在发生上的联系，为有效防治土壤盐碱化提供了理论依据。

5. 首次明确提出了春旱、秋涝和土壤盐碱化是阻碍业农业生产发展的主要限制因素，特别是在无排水条件下发展自流灌溉引起土壤次生盐碱化，是限制平原地区农业生产发展的关键。

在土壤调查研究的基础上，进行了各种土壤基本性质的测试和改良试验，揭开了综合治理黄淮海平原工作的序幕。

60年代——阐明旱、涝、盐碱的形成及其相互之间的制约关系， 提出了综合治理的方法和措施

随着国民经济的恢复和发展，国家首先对淮河水系进行了大规模的整治，并对黄河和淮河进行了流域规划。为解决干旱，提高农业生产，1958—1962年间大量引用河水发展自流灌溉，特别是大规模引黄，兴渠废井，平原地区也进行蓄水，并扩种水稻，在无排水条件下提高了地下水位，旱象有了缓和，然而平原地区普遍迅猛地发生了次生盐碱化和沼泽化，内涝也因而加重。应有关省要求，我所组成以熊毅教授为首的科技队伍，对次生盐碱化和沼泽化及其灾情进行了广泛的调查研究，此后在河北滨海、山东聊城、豫北、皖北和苏北等地区，开展了盐碱化的形成和改良、除灾增产区划、种稻改土、井灌井排综合防治旱涝盐碱、农业生物措施改土培肥、合理施肥、砂姜黑土改良利用等试验研究。这一时期的主要成果如下：

1. 揭示了旱、涝、盐碱在发生上的联系及其相互之间的制约关系。通过广泛的调查研究和多点试验，掌握了旱、涝、盐碱的形成和发展规律以及自然灾害之间相互联系而又相互制约的关系：干旱和洪涝支配着土壤水分的运动和上下水位的变化，而盐碱又随水分运行。在季风气候影响下，旱、涝、盐碱实际上是通过自然界水分的分配和地下水运动而引起的自然灾害。在深刻认识自然规律的基础上，提出了因地制宜综合治理旱、涝、盐碱等自然灾害的原则和以治水为中心、水利工程与农业生物措施相结合的统一规划、综合治理的方法。

2. 进行了盐碱化防治区划和除灾增产区划。1962年国家召开了“全国农业科学规划会议”提出了10项农业重大综合研究任务，要求在全国建立10大样板。会议决定在黄淮海平原选择适当地址，建立试验研究样板并作出示范，以解决黄淮海平原旱涝盐碱综合治理和全面发展农业生产的科学技术问题。1964年中国科学院召开了“盐碱土工作会议”，提出了“黄淮海，点片面，多兵种，长期干”的方针。为此，我们主持了豫北封丘县的综合治理研究工作，开展了以防治盐碱化为主的除灾增产区划和井灌井排综合防治旱涝盐碱的试验研究，并建立了10万亩井灌井排的试验样板。为改变黄淮海平原多灾、低产、贫困的面貌，进行了人民胜利渠盐碱防治和封丘县除灾增产区划，研究了以灌区和县级为单元的区划分区的原则和系统，提出了将区划分为区、片、块三级的依据，在此基础上提出了因地制宜的除灾增产的各项综合措施。

3. 用井灌井排技术综合防治旱、涝和盐碱。我国井灌已有五千多年历史，但在平原低矿化地下水盐渍地区，利用机井进行排水灌溉防治旱涝盐碱，则是我所在黄淮海平原封丘县盛水源试区首次进行的，后来又扩大成10万亩试验样板区。井灌井排是以灌带排，它借助提水机具，在竖井中大量抽吸地下水进行灌溉，此时地下水位也随之下降而起到排水作用。在这里，灌溉既防治了干旱，又淋洗了土壤中的盐分；地下水位的下降，使土壤“库容”腾空，便于承纳汛期降水的入渗，从而减缓地面沥涝。所以井灌井排具有防治旱、涝和盐碱的三重作用，是统一解决旱与涝、灌与排的矛盾和调节水盐动态、维持区域水盐平衡的有效方法。这一科研成果，已在黄淮海平原及我国北方平原地区得到迅速和大规模的推广应用，并因地制宜发展成浅深井结合；浅井深沟结合；井沟渠结合；采补结合等各种形式，使我国水利土壤

改良工作向综合的方向发展。

4. 种稻改良滨海盐渍土。通过河北滨海盐渍土种稻改良的试验研究,探索了种稻改良的机理,研究了水盐动态变化,提出了调节水盐变化的措施。研究表明:(1)种稻改良盐渍土的实质在于用淡水灌溉时其下渗水可淋洗土壤盐分,并形成地下淡水层。淡水下渗的数量及高矿化地下水的排除和淡化的程度,是决定土壤脱盐和淡水层形成的主要因素;(2)稻田周围地区水盐动态变化,主要是由稻田下渗水的侧渗及稻田高水头的静水压力作用而使地下水水位抬高,从而导致盐渍化和沼泽水的加重;(3)种稻可在较低标准的人工排水条件下使土壤脱盐,并建立地下水淡化层,在水旱交界处设“两河一路”形式的排水沟,可防止邻近地区土壤盐渍化和沼泽化,并为转入旱作创造条件;(4)水田改为旱作后,调节水盐动态的主要任务是减少淡水层水分的消耗,防止土壤返盐,其主要措施可在末级固定的深沟进行排水,将地下水水位控制在适宜的深度;同时进行秋耕、中耕、灌溉以减少地下水的蒸发;(5)水旱轮作可使地下水淡水层厚度趋于稳定而使土壤达到稳定脱盐,并可消除长期淹水对土壤产生的不良影响,提高土壤肥力。

5. 阐明了瓦碱的形成、特性及其危害。瓦碱是黄淮海平原的一种碱化土壤,多以大小不同的斑块与盐化土壤交错分布。其形成原因有二:一是低矿化地下水中重碳酸钠及碳酸钠的积累,并与“卤碱”互相转化;二是季节性积盐与脱盐的频繁交替,引起盐分中的钠离子与土壤中其他阳离子的交换,钠离子进入土壤胶体复合体中。瓦碱的特点是:盐分含量少,以 Na^+ 与 $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$ 离子为主;土壤溶液中含有大量的苏打,pH值很高;碱化度和分散度也高;通透性差,易板结,严重危害植物的出苗和正常生长。试验表明,某些工业副产品如磷石膏、糠醛渣,有机肥等作为改良剂,对治理土壤碱化有明显效果。

70年代——用生态学观点研究农业发展, 探讨重大工程对环境的影响

60年代中期开始的“文化大革命”,使我国经历了10年动乱,一切科学活动几乎处于停顿状态。粉碎“四人帮”后,迎来了“科学的春天”,科研活动才得到恢复。我们的研究工作从苏北和皖北地区,逐步扩展到黄淮海平原,并开始用生态学的观点探索黄淮海平原的综合治理并就重大工程措施对环境生态的影响等问题进行了研究。这一时期的主要科研成果如下:

1. 明确了土壤中微量元素的供给情况及其与作物生长的关系。为了探索微量元素肥料的有效性,自1972年开始,先后对淮河、黄河冲积物发育的石灰性土壤中的微量元素含量进行了测定,明确了分布状况。总的情况是,锰、钼、锌不足,铜、硼丰富,部分土壤缺铁。粮、棉、油、糖等作物田间肥效试验证实硼肥对甜菜、花生有一定的增产作用;锰肥可使小麦增产10%以上;锌肥对玉米、水稻的增产显著,对花生、棉花也有增产效果;钼肥对豆科和十字花科作物都能增产,但以花生的增产幅度最大;铜与铁结合施用,可提高豆科根瘤菌的固氮作用;铁肥对杨树幼苗、紫穗槐、槐树、苹果、草莓、葡萄等有良好效果。

2. 论述了淮北平原土壤形成和改良途径。自60年代初开始与地方合作,在安徽淮北平原进行了大量的资料收集和补充调查,总结了1953—1973年有关土壤调查和定位观测试验资料,共同编著了《安徽淮北平原土壤》。该书论述了土壤形成和分布规律,阐明了各土种特性,分区提出了土壤合理利用与改良途径,总结了低产土壤利用改良经验,对土壤的物理性质和水分状况进行了专题讨论。研究了砂姜黑土的粘土矿物特征,保水保肥性能,以及低产土壤

的基本性质和环境条件，同时进行了一些改良试验。

3. 土壤耕层熟化对水盐动态的影响。苏北滨海盐渍土地区，海拔高程低，地下水位高，矿化度大，排水深度浅，在这种条件下，研究了耕层熟化度的抑盐作用和巩固提高脱盐的效果。试验表明，表土熟化土壤的年周期脱盐率为30—50%；非熟化土壤，年周期积盐率在30%以上。为抑制土壤返盐和巩固脱盐效果，耕层土壤应符合下述要求：有机质含量1.5%左右；土壤结构直径 $>0.25\text{mm}$ 的团聚体含量在25%以上；容重 $<1.25\text{g/cm}^3$ ，总孔隙度 $>55\%$ ，其中非毛管孔隙度15%以上。此外，对苏北黄泛平原早改水的问题；低矿化地下水条件下土壤盐渍化的原因及其改良；石膏、磷石膏、亚硫酸钙、绿肥改良瓦碱的作用；徐淮地区沙板土的改良；苏北滨海盐渍土的形成和演化等问题进行了研究，并均取得相应的成果。

4. 提出了在黄河浸润区进行引黄放淤种稻改良。黄河大堤两侧，由于常年受黄河浸润的影响，地下水位高、涝渍盐碱危害严重。研究了黄河浸润盐渍区的形成条件、水盐动态变化及放淤种稻改良，试验证明，引黄放淤可抬高地面，相对降低地下水位，所淤积的粘土层厚度大于30cm，在地下水埋深1.5m左右条件下可防止土壤返盐；连片种稻，在稻区周围开挖截渗沟，明沟提排，能消除涝灾，防止邻近地区土壤盐碱化；新淤土地，种植和翻压绿肥，可提高地力，巩固改良效果；在淤粘层厚和肥力较高的田块，进行水旱轮作，改善土壤理化性状，实行稻麦两熟，可获双高产。与此同时，还研究了淮河中游南岸背河洼地机耕条件下的土壤改良条件及措施。

5. 阐述了黄淮海平原生态系统的特点、演变及治理分区。从生态学的角度研究黄淮海平原农业的发展，综合治理旱、涝、盐碱，建立新的生态平衡，论述了平原生态系统的特点，阐明了它的结构、功能和演变规律，指出该平原是在特定的生物地理条件下，形成的一个独立的、复杂的和不稳定的地域性生态系统，并具有明显的地区性差异。在仔细分析各地区的生物气候、自然地理等环境条件和农业生产状况后，根据生态结构和功能的相似性和差异性，以及影响水盐平衡的环境因素，提出了区划的原则和依据，将平原划分为8个生态区和34个亚区，阐明了各区的生态状况，提出改善生态环境、因地制宜综合防治旱、涝、盐碱的方向和途径。

6. 研究了南水北调中土壤盐渍化的防治问题。南水北调是解决黄淮海平原工农业用水不足、加速工业发展和农业现代化的一项重大工程，它不仅关系到国民经济的发展，而且将影响这个地区环境生态的变化。研究认为，南水北调不论从东线或中线引水，都将增加黄淮海平原的进水量，改变土壤和地下水的水盐运动状况及生态平衡，从影响生态环境的利弊及对旱、涝、盐碱防治作用的大小和得失分析，中线引水方案优于东线引水方案。南水北调成败的关键在于防治土壤次生盐碱化，而调控地下水是防治盐碱化的重要基础，因此，必须解决排水出路，搞好排水工程配套，同时采取妥善措施进行调水、蓄水和用水，加强灌溉管理，并做到水盐动态监测和盐碱化的预报工作。

80年代——研究农业发展战略，进行综合治理与开发

在“六五”和“七五”期间，我所参加并承担了国家“黄淮海”科技攻关合同任务，其中“六五”任务已顺利完成，“七五”项目正在进行并有待总结。在这期时，我们根据院部的部署，对中低产地区土壤进行综合治理与农业开发的验证研究。现将取得的主要科技成果综述如下：

1. 提出了黄淮海平原农业发展目标 and 综合开发治理方案。该项研究以我所为牵头单位组织兄弟所协作完成。收集了30多年来有关黄淮海平原自然、社会、经济资料,通过调查研究,分析了有利和不利条件,综合论述了治水与用水,改土与培肥,合理利用气候资源,提出了农业发展规模、合理结构、布局和调整粮、棉、油等农产品生产基地的建议,同时因地制宜制定了农业发展方向与综合治理方案,提出了南水北调及合理利用水土资源等应采取的重大措施,还应用系统工程对整个平原14个亚区建立了农业经济、农业资源时空开发配置模型并进行了最优方案的系统分析论证,提出了加速本区经济振兴的方向。

2. 提出了天然岩渠流域农业发展战略和综合治理总体方案。以我所牵头组织中 科 院 内 外 11 个 单 位, 首 次 以 一 个 流 域 为 单 元, 采 用 航 空 彩 红 外 遥 感、 系 统 工 程、 电 子 计 算 技 术 等 方 法, 查 清 了 流 域 2500 平 方 公 里 范 围 内 的 水、 土、 生、 气 等 农 业 自 然 资 源 的 数 量 和 质 量, 分 析 了 发 展 农 业 生 产 的 限 制 因 素 和 有 利 条 件, 提 出 了 发 展 农 业 生 产 的 战 略 目 标 和 综 合 治 理 总 体 方 案。 为 实 施 这 一 个 方 案, 制 定 了 全 流 域 及 其 邻 区 的 农 业 发 展 和 综 合 治 理 区 划, 论 证 了 以 合 理 利 用 和 调 节 水 资 源 及 合 理 利 用 土 地 资 源 为 重 点, 进 行 农 业 生 产 结 构 合 理 调 整 与 综 合 防 治 旱、 涝、 盐 碱、 风 沙 等 自 然 灾 害 的 农 业 发 展 战 略。 从 措 施 上 提 出 了 因 地 制 宜 合 理 配 置 农、 林、 牧、 副、 渔 各 业 用 地 比 例 及 分 区 治 理 的 途 径 和 措 施。

3. 建立了关于土壤水盐运动和次生盐碱化监测预报技术。建立了农田水盐动态监测网及室内模拟和野外地下水盐动态观测室,在国内首先应用四电极进行田间盐分动态监测,并应用我所研制的盐分传感器和负压计进行土壤水盐动态数据采集。研究了蒸发和入渗条件下水盐运动变化,探明了蒸发条件下土壤水盐动态的4个阶段,而入渗条件下水盐动态可分为3个阶段,从而明确了影响淋洗效果的因素以及在低矿化地下水区和灌溉条件下形成盐渍化的主要原因。研究了粉砂壤土及潜水的水盐动态变化,提出了调节灌区土壤水盐动态的建议,探讨了次生盐渍化预报的方法和指标。该项研究为建立盐渍化预报模型提供了基础,在水盐运动理论研究和测试手段上也有了新的进展。

4. 对土壤资源进行了综合评价。在这项任务中,我所只承担了有关土壤资源利用方面的部分工作。用遥感技术与常规手段相结合的方法,查清了黄淮海平原低产土壤的数量:在现有耕地中有1亿亩低产土壤,其中风沙土约3000万亩,盐碱土2400万亩,砂姜黑土4600万亩;此外,还有滨海盐荒地和滩涂1200万亩;编制了1:50万的低产土壤类型图和相应的文字报告。该项工作从风沙土、盐碱地、砂姜黑土等主要低产土壤的利用、改良与动态变化分析反映了黄淮海平原综合开发治理已取得的成就,又显示出治理开发的潜力,为确定今后整个平原的农业发展目标 and 制定进一步综合治理方案提供了科学资料。

5. 建立了封丘综合开发治理技术体系区域试验。我院在河南封丘县的工作自60年代初期开始,针对农业生产的发展,进行了各项试验研究,取得了一批科研成果,在长期工作的基础上,1983年封丘被列为国家“六五”科技攻关“黄淮海”试区,以潘店、应举为基地,开展了以井、渠、沟相结合的水利工程措施、合理施肥和培肥土壤为中心的旱、涝、盐碱、风沙、瘠薄综合治理研究。我所牵头组织院内6个研究所,采取多学科研究、示范试验与推广相结合,在关于土壤的氮素损失、水分平衡、土壤碱化过程和实质、盐分离子扩散,放淤抑制返盐机理、低有机质土壤培肥、施肥对土壤微结构的影响、第四纪沉积物矿物组成、重金属元素自然背景值等应用基础研究等方面获得一批水平较高和有应用价值的成果;磷肥品种与用量、氮肥合理施用、尿素氨害、大面积经济施肥、微肥肥效、节水灌溉、碱化土壤改良与培

(下转第191页)

- [31] 潘映华、李良谟、伍期途、李振高, 不同利用方式下红壤的硝化和反硝化活性研究, 土壤, 20(4):184—197页, 1988。
- [32] 臧双、周秀如、潘映华、李良谟, 硝化抑制剂西吡对水稻的增产作用, 土壤, 第4期, 139—142页, 1980。
- [33] Li Liangmo et al., Effect of Nitrapyrin on the Inhibition on the Inhibition of nitrification in some Paddy Soils of China. Proceeding of Symposium on Paddy Soil. oct. 19-24, Nanjing, China Institute of Soil Science, Academia Sinica (ed), Science Press. Beijing, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New Yor.p. 837-844. 1981.
- [34] 李良谟、潘映华、周秀如、臧双, 西吡对抑制硝化过程和其他微生物活性的影响, 土壤学报, 18(1):58—70页, 1981。
- [35] 李良谟、伍期途、周秀如、潘映华、李振高, 气相色谱测定 N_2O 的方法及其应用, 《分析微生物学专集》, 科学出版社, 172—176页, 1988。
- [36] 顾宗濂、吴留松、谢思琴、张水铭, 湘江流域农田土壤微生物群体降解666的能力及其调节, 生态学报, 6(3):197—204页, 1986。
- [37] 顾宗濂、谢思琴、张水铭, 旱地加水可促进微生物对666的降解, 土壤学报, 18(3):273—280页, 1981。
- [38] 谢思琴、张水铭、顾宗濂、吴留松, 土壤中-666的微生物代谢产物初步研究, 土壤, 15(5):185—187页, 1983。
- [39] 顾宗濂、谢思琴、吴留松等, 藻菌混生系统净化乡镇工业污水试验研究, 农村生态环境, 1(1):27—32页, 1985。
- [40] 顾宗濂、谢思琴、吴留松等, 用生物发光计测定污染水体生物毒性, 环境科学, 4(5):30—33页, 1983。
- [41] 吴留松、顾宗濂、谢思琴, 应用发光细菌监测重金属污染土壤和底泥的总体生物毒性, 土壤, 19(3):145—147页, 1987。
- [42] 顾宗濂、谢思琴、吴留松、周德智等, 土壤中镉、砷、铅的微生物效应及其临界值, 土壤学报, 24(4):318—324页, 1987。
- [43] 谢思琴、顾宗濂、吴留松、镉、砷、铅对土壤酶活性的影响, 环境科学8(1):19—23页, 1987。
- [44] 中国科学院南京土壤研究所微生物室编著, 《土壤微生物研究法》, 科学出版社, 1985。

(上接第184页)

肥熟化、作物耐盐度、根瘤菌与菌根, 农业生态环境信息系统建立等应用研究取得重大进展; 碳铵粒肥深施技术、放淤种稻技术、地膜覆盖技术、优良品种引进与繁育、先进农业技术推广、计算机化大面积配方施肥咨询等开发性研究取得显著的社会、经济效益。在多学科综合研究基础上, 形成区域综合治理开发配套技术体系。该项综合研究成果达到国内领先水平。潘店万亩示范区内实行井、沟、渠、路、林、电配套, 初步建成旱涝保收、稳产高产的农田生态系统, 为黄淮海平原同类型地区的治理与开发作出了可行性示范。并在封丘试区工作的基础上, 组建了“中国科学院封丘农业生态实验站”, 对国内外同行实行开放, 以共同研究黄淮海平原农业生态系统的结构、功能及系统中物质循环与能量转换的特点, 探索生物与环境之间的互相作用及调控, 建设良性的人工生态系统, 并进行农业高技术开发。

6. 对黄淮海平原中低产地区进行综合治理与农业开发。这项任务是由中国科学院提出的。根据院部部署, 并经与有关省政府协商, 决定以我所为牵头单位, 负责豫北片的新乡市和濮阳市; 淮北片的亳州、涡阳、蒙城、怀远4个县; 苏北片的泗洪县的盐碱土、风沙土、砂姜黑土和涝洼地的综合治理与农业开发科技承包。一年多来, 以豫北片为重点, 正进行4个层次的工作, 即: (1) 中低产田的综合治理; (2) 农业商品基地的建设; (3) 科技开发; (4) 农业发展战略研究。这些工作均已取得不同程度的进展, 预期将获得较大的社会、经济和生态效益, 为本世纪末实现黄淮海平原农业开发的“五二二二”宏伟工程作出贡献。