

中国科学院地理研究所 编辑

地理集刊

第 17 号

农业生产潜力研究

科学出版社

中国科学院地理研究所 编辑

地理集刊

第 17 号

农业生产潜力研究

科学出版社

1985

内 容 简 介

农业生产潜力的研究是一项基础性的综合研究课题。它是通过多种因素的综合试验和调查,研究环境因素同植物群体第一性产量及经济产量形成的关系,综合观察和分析环境因素与植物因素之间的物质、能量交换规律,探求植物生长的最佳环境因素,建立农业生态系统模式,计算不同地域的生产潜力,寻求改变限制因素,以充分发挥其潜力和提高单位面积产量。本文集是中国科学院地理研究所多年来对该课题研究成果的阶段总结,共辑录十二篇文章。内容可分三部分。第一部分是关于我国范围内农业生产潜力分析的理论论述;第二部分为有关的试验总结;第三部分是区域性的分析。

地 理 集 刊

第 17 号

农业生产潜力研究

中国科学院地理研究所 编辑

科学出版社 出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1985 年 12 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1985 年 12 月第一次印刷 印张:8 1/2

印数:0001—1,300 字数:196,000

统一书号:13031·3036

本社书号:4411·13-13

定价: 2.05 元

前 言

生态系统的研究内容极广泛,其研究核心是生物群落与环境之间的物质和能量交换。在生态系统许多相互作用的组成要素中,绿色植物是无机界与有机界间的中心环节,即把无机的元素与能量转化为有机物(第一性生产)并贮存起来供人类及其他动物利用。作为地理工作者,在生态系统研究中的任务之一是研究第一性生产的潜在能力,及其与环境的关系及分布规律。七十年代初,黄秉维先生提出农业生产潜力研究新课题,就是设想通过多种因素的综合实验和调查,研究环境因素同植物群体(作物)第一性产量及经济产量形成的关系;综合观察和分析环境因素与植物因素之间的物质、能量交换的规律,探寻植物生长的最佳环境因素,建立农业生态系统模式,借以计算我国不同地域的农业自然生产潜力,并寻求改变限制性因素,充分发挥自然生产潜力和提高单位面积产量的途径。这是一项基础性、综合性研究课题,它将为最大限度地、合理地挖掘我国农业生产潜力提供重要的科学依据。

本文集除搜集了黄秉维先生有关论述外,其余均为自然地理研究室农业生产潜力组近年来工作的一部分阶段性总结文章。从内容看,全集可大体分成三个部分。第一部分为理论探讨及全国范围农业生产潜力的分析;第二部分为农业生产潜力试验研究的总结;第三部分为地区性研究结果。

本集刊编辑过程中,得到黄秉维先生的指导及所内外有关领导和同志们的大力支持和帮助,特此致谢。稿件组织、文字初审工作是由赵名茶、杨勤业同志完成的。全部插图由任洪林同志清绘。

编者

一九八四年三月

目 录

华北平原农业和水利问题及农业生产潜力研究	黄秉维 (1)
中国农业生产潜力——光合潜力	黄秉维 (15)
自然地理学中的农业生产潜力研究及我国农业生产潜力的分布特征	孙惠南 (23)
作物可利用的光能——对光合潜力公式的检验和探讨	赵名茶 (35)
气候波动对作物生产力影响的分析.....	于沪宁、魏淑秋 (49)
丰产麦田作物层能量、温度变化特征及干物质生产.....	董振国 (64)
高粱的光合潜力及增产途径.....	王 宏、李淮滨 (74)
冬小麦根系生态生理的初步研究	吴家燕 (81)
华北平原农田土壤障碍性因素研究	叶文华 (93)
农田土壤溶液养分动态的初步研究.....	黄荣金、陈世庆、鲁全国 (109)
高产条件下农田水分条件评价方法的探讨	胡朝炳 (116)
湖北省太阳辐射能资源分析与作物光温潜力的初步研究	邓先瑞、赵名茶 (125)

华北平原农业和水利问题 及农业生产潜力研究*

黄 秉 维

一、华北农业与水利上的三个严重、迫切的问题

华北平原与黄土高原的农业与水利存在着三个大问题：(1) 黄河决溢的危险日益增加，受威胁的是北金堤以南的广大平原，而祸根在中游黄土高原；(2) 黄淮海平原农业生产低而不稳，黄土高原尤其如此，粮食生产不足自给的形势将因人口增多而更加严重；(3) 水源供不应求，差额的增大将超过人口的增长。

这三个问题互相关联。在这三个问题上，两个区域既有大体近似之处（暖温带半湿润、半干旱气候和黄土及黄土性土壤），又有互相贯串之处。因此，两个区域、三个问题，必须结合起来，而且要同华北能源、重化工基地建设结合起来。没有全局在胸，是不可能投下一着好棋子的。

我们所面对的华北农业与水利问题，还有不少未知数，还不能作出确实的预计。但是，我们所掌握的情况，已足以构成某种程度的相对的确实性，可以作为大体计算的依据，从而决定对策，决定先后缓急的部署。

1. 关于黄河决溢的危险

现在华北最迫切的问题莫过于黄河隐患不断增大。一次洪水决口，一般只有一个主要口门。如万一黄河决口，估计可能波及的范围见表 1。

黄河是“地上悬河”，“咫尺不坚，则千里为壑”，在历史上曾北至天津，南夺淮河，浊流所至，不但田园庐舍，皆成泽国，而且泥沙俱下，生命和财产都淹没于地下。目前形势比过去更险，历史可能重演。按表 1，受威胁的人口 5 千多万，面积近 10 万平方公里。黄河中游土壤保持至少要 15 年以上。郑重的计算，应当把时间打宽一些。另一个可能是再筑拦泥库，不仅要巨额投资，而且从现在起就抓紧进行，完工也要 10 年以上。两方面同时并进，也同样在十多年以内不能有安全的保证。

凡事预则立，不预则废。对近几年出险的可能性不能怀侥幸心理。对滞洪区应切实地作必要部署，以防万一。有此一着，才能使我们长期立于不败之地。这在科学技术上可能没有有待研究的问题，但如何能做得又好又省，妥善地关照到互相联系的各个侧面，却

* 本文由自然地理研究室农业生产潜力组赵名茶、杨勤业、郑度、王宏、张洪业等同志根据黄秉维先生近年来对华北农业和水利问题及农业生产潜力研究的一系列论述，包括多次演讲、发言及书面英文报告进行了整理。不当之处由整理人员负责。

不是轻而易举的。

表 1

决 口 堤 段		可能波及范围界限	可能波及面积 (千平方公里)	可能波及人口 (万人)
北 岸	沁河口—原阳	北界: 卫河、卫运河、漳卫新河 南界: 陶城埠以上黄河以下徒 骇河	33.0	1800
	原阳—陶城埠	漫金堤河流域,冲决北金堤, 沿徒骇河入海	16.0	800
	陶城埠—津浦路	沿徒骇河漫流入海	10.5	530
	津浦路以下	同上	6.7	270
南 岸	郑州—扫街	贾鲁、沙颍、涡河之间及滨淮 小片地区	28.0	1550
	开封—兰考	涡河、沱河之间及滨淮小片 地区	21.0	115
	兰考—东平湖	决口在高村以上,涉及万福 河与明清故道之间及邳苍地 区。决口在高村以下,波及荷 泽丰县线与梁济运河南四湖之 间及邳苍地区。邳苍以下,由 新沂河入海	13.0 15.0	700
	济南以下	沿小清河漫流入海	6.7	270

有些科技专家根据某些经验和理论,认为可以将小浪底工程设计成为可以排去泥砂的设施,这当然不是无稽之谈,但只是有待研究的科学假设,不能现在就按此来决定决策。

黄河决溢可能波及范围,在黄河隐患未消除以前,如非必要,应当尽量少增加固定资产,以减小水淹砂埋的损失。不过此类地域之中,往往有微小起伏,稍高一些,就可能不会受到黄河决口的影响。此种地当然不在上述限制之列。为此,必须确切地将范围划准(有些地方至少要用不小于五万分之一的地图)。如过去工作还有不足之处,应进一步调查制图。

2. 华北农业生产低而不稳

华北平原还有些高产区,而黄土高原则是又低又不稳,实际亩产量只有 100 斤左右。生产条件是随各年天气条件而变化的,黄土高原七十年代有两年需要从外面调入粮食。华北平原好一些,但也有的地方很困难。全国有 1000 个县相当困难,其中不少是在黄土高原及华北平原。

(1) 华北平原有需要,又有可能大幅度提高农业生产。根据中国农业科学院黄淮海平原综合治理小组及该院农业经济研究所的报告,平原总面积约 30 万多平方公里,人口近 3 亿,农业人口约 1 亿 6 千万,农业劳动力约 6 千 4 百万,耕地约 3 亿亩,播种面积 4 亿 5 千多万亩。这六项都相当于全国总数的 20%,平均每农业人口有耕地 1.8 亩,每农业劳动力有耕地近 4.7 亩。粮食产量占全国 18.4%,棉花产量占全国 41.7%,1980 年粮食亩

产数,不同来源的资料差别很大,中国农业科学院农业经济研究所为 602 斤,中国农业科学院 545 斤,农业区划办公室黄淮海平原农业发展战略研究组为 498 斤。亩数和产量都可能低于实际数字,因此也就不必要究清哪一个资料比较可靠。中国农业科学院的数字略低于全国平均值。除北京、天津外,平均每年要调入粮食约几十万吨,当然没有余力来供应京、津的需要,以后人口还要增加,需要将进一步增长。若遇歉收,困难更大,而根据华北平原的条件,粮食稳定自给,同时还大大增加其农作物生产,不是不可能的。

农业生产在技术上决定于环境因素(生物和非生物的)和作物因素以及人改变这些因素的能力。

在农业生产因素之中,投入的阳光(即光合有效的太阳辐射)、日长时数(这不是日照时数)、土壤粘土矿物组成都是人力所不能改变的因素。

温度、弱风(当阳光很强、作物枝叶繁茂,生长旺盛时,风速太小,二氧化碳供应不足)、雹灾、土壤机械组成、土层厚度等是不能大规模、大幅度或长时间以人力改变的因素。但不是根本不能改变。

水有不易改变的成分,又有可以改变的成分。降水不足或太多都不利于农业。降水的分布与变化,基本上是人所不能改变的。但地表水和地下水都是可移动的资源,人可以改变地面及土壤状况在一定限度内减小降水太少或太多的影响,可用以济降水的不足。总之,对于水,人有很大的回旋余地。

风力太大,会使作物受到机械损伤,土中较好的成分吹失,林带或保留作物高槎至少能削弱此等破坏作用。

土壤抗蚀力、通气性、保水性、保肥释肥性、全氮含量等都可通过增加有机质含量及改善土壤结构来提高;养分不足可以施肥来补救;pH 值太高或太低都有可以使之改变的办法;盐渍土壤可以排水除盐。美国和欧洲有不少科学家几十年来不断地惊呼,他们国家的土壤变坏了,作物亩产却不断地提高。我国也有类似的情况。

对病、虫害、草害等,人类一般有较大主宰权,虽然在抗性、环境污染等方面往往有很难解决的问题。

作物种类、耕作制度、密度,可以在相当大的范围内抉择,以适应环境条件。品种培育,虽然在相当大程度上是经验性的,但情况已开始变化,重大突破已经不是可望而不可即的前景了。

不能或难以改变的因素,我们只能承认它们的存在,分析其有利与不利的功能。如何发展农业,主要是如何改变其它因素,最大限度地趋利避害。解决问题必须在分析的基础上,按地、按物、按时综合。综合首先要注意四点:一是作物产量大体上服从最小因素律,即产量决定于最差的因素。这一因素不改变,改善其它因素无增产作用;二是各个因素互相影响、颌颉、互相补充。有时可改变其他因素来改变某一因素,改变某一因素也要顾到对其它因素的影响;三是作物产量取决于全生长期的生长发育情况。以谷物为例,前期、中期、后期的生物质积累要互相平衡,不能偏虚偏盈,而且要顾到全年的变化。如春防秋霜,秋墒春用,都是群众所习知的有效措施;四是要顾及对其它领域(如农药对环境污染)、其它地域(下游及下风地域)以及长时期(如土壤长期恶化)的影响。

按上述原则,就已有资料作偏保守的初步估计,华北平原耕地亩产可 5—6 倍于现有

水平。

不能根本改变的次要不利因素：有干热风、春季或秋季低温、生长盛期弱风、大风、雹灾、土中砂砾太多、降水太多、土壤通气不好等等。这些因素或出现的时间很短、或若干年出现一次，或只见于局部地方，对全局影响不大。假定，这些减产作用为20%，5—6倍即减为4—5倍。

现在亩产仅相当于可能亩产的 $1/5-1/4$ ，其原因主要是旱涝、盐碱、瘦，还有耕作制度、作物布局。密、保、种当然也很重要。所有这些都是在很大程度上可以人为措施改变的。但由于条件限制，未必事事都能尽如所期，为此再打八折，便是3—4倍。为慎重起见，暂取2.5倍。可以发挥的潜力还是很大的。

(2) 提高农业生产主要在现有耕地上做文章，提高亩产是唯一可行的办法。华北平原面积以31万平方公里计1980年耕地为2亿9千万亩，占总面积64.4%。鲁西北城市、村庄占地11%，河沟、渠路占12%，以此引用于华北平原，则剩余的面积不过12.6%，暂称为“非耕地”。一般习用名词是“荒地”，其实当地居民都在用这些地。只是条件很差，生产出的东西很少，故未辟为耕地。以后除了一小部分经过改良，也许还能开垦，绝大部分都应该用于生长耐碱、耐湿或其它植物。农田扩大的余地是很有限的。

(3) 做好黄土高原的水土保持工作。黄土高原土壤侵蚀是黄河隐患的根源。做好土壤保持工作，以上难题都会容易得多。谁都知道黄土高原水力土壤侵蚀的强烈程度为“世界之最”。有人怀疑是否能有效地加以控制。但答案应当是肯定的。理由有四：(甲)黄河下游淤泥砂74%及为害最大的粗砂(粒径 >0.05 毫米)76%来自11万4千平方公里，(乙)耕地是其中最主要的来源，(丙)而且在此11万4千平方公里中，暴雨强度不大，日最大降水量不超过100毫米左右，而黄土和黄土性土壤通透性数倍于此数值，土性易于耕作施工，以机械方法除去土面结皮，破坏犁底层，修筑梯田，田边修筑土埂，使水不出田，控制水力侵蚀，都不大困难，都有加大土壤保水量、提高降水利用率以提高旱作农业产量的作用。(丁)在控制水力侵蚀与高产旱作相结合的条件下，增加的作物秆茎产量。一可减轻人畜对非耕地植物的破坏；二可以与增加的根系一起还田。由于土中矿物以基性为主，粘土矿物以水化云母为主，有机物以适当方式还田，较易形成和保持良好的土壤结构，在不用重型机械条件下，尤其如此。所有这些不但在理论上是可以说得通的，从黄土高原各地的点滴经验综合起来看，也不是徒托空言的。但是每一环节都有如何可以更好、更省、更快的问题，需要不断研究，不断改进提高。

耕地土壤保持只有与农业生产结合起来，才有可能推广。

黄土高原非耕地土壤保持也很重要。如能同时进行，不仅黄河下游泥沙可以减少更多，而且有利于耕地改良和增产。其主要关键是种草、种树能得到适当的保护，不受人畜破坏。这一条解决了，困难就不大。当然草种、树种要选择适当，鼠害、虫害多的地方要有预防办法。一个值得注意的问题是种草、种树，有时三、五年以至十来年，生长很好，以后由于水分长期支出多、收入少，终至枯死。这是值得重视和研究的问题。相反，有些草种、树种，不能成活，或成活后不能保持下来。那可能是由于某些可以改变的原因，不应轻于下结论，这也是应当研究的问题。

黄土高原土壤保持工作干了二十多年，除去筑坝所拦截的泥砂不计外，输入黄河下游

的泥沙不但没有减少,而且增加了,因此有人怀疑土壤保持是否会有效。其实这是三个原因的结果:(甲)有些地方的人为措施促进了土壤侵蚀;(乙)有些土壤保持措施没有做好,无效或效果很小;(丙)土壤保持没有与生产很好地结合起来,农民积极性不高,疏于维护,更不愿主动推广。理论和某些事例都说明控制耕地水力侵蚀是有效的。

有人认为黄河泥砂可能主要来自重力侵蚀。但是:(甲)这没有事实证明;(乙)重力侵蚀过程一般是趋向稳定的过程,如无人加速作用,将逐渐减弱。基于这两点,不必对此看得太严重,却很值得进一步研究。

有人认为黄土高原侵蚀强烈,自史前时代就已如此,非人力所能控制。对此不敢苟同。地质时期侵蚀量计算可以有很大误差。在地质时期就已如此的自然过程,亦未必非人力所能改变。以前述现在存在几项有利自然因素而论,水力侵蚀有可能以人为措施加以控制,是无可置疑的。

3. 华北平原水供不应求

目前及将来工矿和城市用水量均不断增加,而种树、种草、农田提高降水利用率是必然趋势,河流流量将因此而减少。首先应把紧节流这一关。在开源方面,南水北调初期工程无疑对黄河以南能起到显著的作用。是否伸延至黄河以北,第一要切实地核算经济效益;第二要对黄河决溢可能产生的影响有万全对策;第三要对与之相联系的措施包括在内。这包括许多需要慎重研究的问题,现在还不能论定。

节流有很大回旋余地。第一在华北要限制建设可以设在湿润地区的工厂,尤其是耗水多的工厂;第二要尽可能采用一切可能的工业和城市节水的措施;第三黄淮海平原黄河以北部分,水源已无可以进一步挖掘的潜力。平原有50%耕地是水浇地,灌溉面积不应再扩大。其余50%是旱作地。黄土高原的耕地基本上是不能灌溉的(没有水源,在黄土坡地上也不能修筑引水渠道),旱作是唯一出路。旱作以充分利用降水(主要是夏末秋初的降水)为中心,再按作物生产的限制因素原理辅以必要的“投入”,至少在延安附近以东以南也能得到高产。目前黄淮海平原的水源90%用于农业,而灌溉耕地浪费水的问题很严重。如能节约30%,就可以大大缓和水源不足的困难,必要时还可再削减一部分灌溉面积。削减灌溉面积实质上只是缩短阳光的利用时间,并不减少水和土中养分及其他投入的利用效率。所以旱作农业高产和节约灌溉用水,都是很重要的问题。这两个问题解决了,南水北调的必要性就不存在了。

二、中国科学院应当做什么?怎么做?

华北农业与水利问题很多。现在从事这些问题研究的单位也很多。但感觉有些工作,许多方面挤着去做,有些工作则无人过问。究竟是人太多,还是人太少?

前两年,北京大学谢义炳教授邀请美国农业气象学、气候学中心主任(美国这方面工作的最大单位)罗森堡来华,在北京访问、座谈、讲学。离京前夕,他说:北京一地从事这方面工作的同志就比美国全国多,但效果不显著,往往在不同题目下,用相同的方法,相同的资料作重复计算分析,而彼此互不通气。试验工作很少。所用仪器,有些不可能得到足

够精确的数据,有些方法甚至是错误的。这符合当时的实况。如果我们大多数工作,可以由此一斑,推知全豹,都在低水平上重复劳动,不管多少人,也是没有战斗力的。中国科学院的工作应当避免走上这样的道路。除了这些工作以外,可以用武之地是很广阔的。

中国科学院与兄弟研究机构之间历史地形成了一些差异。在西方各国中,澳大利亚联邦科学与工业研究组织是与我院在现阶段最相近似的科研机构。他们选择研究课题,首先考虑是否有明确的目的性(对国家、产业和社会福利)的基础性工作。在此前提下,又特别突出多学科性工作和边缘性工作。这些都和中国科学院大体相似。但他们与业务部门、大学的分工协作问题好象比我们少得多。

分工不可能,也不必要有明确的界限,而且随时间和条件为转移。澳大利亚科学与工业研究组织的主要工作是与农业有关的研究。与农业有关的试验研究大体上有两个不同方向。一是经验性的栽培或品种试验,能较快得出可以用于生产实践的成果,二是为寻求了解对产量形成有关各项因素和过程的试验研究,根据了解所得来解决高产稳产的问题,有较大适应性,但需要较长时间,才能得到有裨实用的成就。事实上,这种划分是概略性的,相对的。后一方向的工作设计,往往以前一方向的工作成果为依据。即在知其然以后,进一步求知其所以然。在澳大利亚,农业部的研究工作传统上以第一方向为重点,科学与工业研究组织则从事第二方向的试验研究。二者互相补充,收到了明显的效果。但在近年,原有的分工已不大明显。我们应当按我国的具体条件来考虑分工。

如灌溉方法(渠灌、洒灌、滴灌)农牧渔业部、水利电力部都已做了很多工作,有相当基础,科学院科学储备薄弱,只应在有必要时参加一些工作。

排水去盐,在黄河隐患未除以前,除北金堤以北以外,不宜投资太多。而在以前,农牧渔业部、水利电力部和中国科学院都做了一些研究,取得了一定成就:现在在中国科学院以外,试验研究规模也不小。中国科学院在阳封和禹城过去工作基础上,继续进行试验研究,是适当的。但这两片都在北金堤以南,禹城又与农牧渔业部的试验区距离不远,从全局看,力量部署似嫌稍多,应在工作方向和内容上有所偏重,以避免与业务部门重复过多。建议:第一将目标放在提高数值预报的准确性上。1966年以前,在盐碱土研究上,封丘工作队有较高水平,为了继续发挥这一优势,最好植物抗盐性研究也较切实地开展起来;禹城按现有条件以水分平衡、流域试验为中心。最好这两片都能有水文地质力量的协作。第二这两片都已注意与遥感相结合,应当进一步做各种区域调查的示范性工作。过去中国科学院已进行了华北平原土壤调查,有一些基础,但比例尺太小,土壤分类和调查方法需要大大提高,土壤本身在以往二十多年也发生了不小变化。土地调查和评价、气候分析,均应在已有基础上前进一步。百万分之一地貌图编成以后,应在这两片继续研究,农业的地貌条件不但要编比例尺较大的图,而且要研究一些地貌过程。最后应将一些地区互相关联的因素综合起来。这里强调示范,也就是侧重方法。是否要中国科学院来做全部区域调查,要很好考虑。因为中国科学院人力有限,工作量很大,而且调查看不到多年和各季情况,由在当地有长期经验的人按相同方法去做,轻而易举,还能做得更好。不过,最后将全部区域调查结果汇总是不可少的。如没有别的机构承担这项任务,中国科学院仍应挑起来。

黄土高原土壤侵蚀调查工作做了不少,但有薄弱环节,确实性和科学水平都有待提

高。泥砂来源、粗砂来源要补做必要的调查,重力侵蚀要再作研究。这关系到土壤保持工作的部署,慎重一些好。

土壤全磷含量高而磷的可给性很低。华北的土壤如此,华北以外,还有不少这样的土壤。我国磷肥不足,内生菌根菌的研究有特殊重要意义,组织力量攻关是必要的。一旦成功,在我国将起很大作用,还能大有助于许多发展中国家解决农业生产问题。关于这一任务,论基础,科学院比较强(林业土壤研究所、南京土壤研究所、微生物研究所,以及中国科学院系统中的化学、生物、物理等方面人才),有可能组织必要力量,从事菌种的分离培养;中国农业科学院则有少数同志积极性很高,与不少单位联系起来,分别试验接种菌种对作物生产的作用。但如菌种培养问题不解决,仍然无助于生产的发展。希望中国科学院注意组织力量的可能性。

黄土高原非耕地的土壤保持,西北水土保持研究所一直在进行调查试验研究,应当继续和加强。地方单位做此项工作的也不少,要和他们取得联系,避免重复。

人类活动对自然影响的研究,至少三十年来,国际上有许多进展,却还存在很多未知数。我国工作多很粗略,对国际上研究现状及今后方向,所知也不多。中国科学院应当重视此一研究领域,并与有关部门协作,首先要消除知识老化的弱点,看准了,作好充分准备,然后动手。

中国科学院与农牧渔业部、水利电力部等部门,各有短长。应全面考虑必须研究解决的问题,区分先后缓急,扬长避短,截长补短,分工协作,消除不必要的重复。

华北农业与水利、同环境、能源、支援农业的工矿业、运输、计划生育等息息相关。这一更大的全局也应有人全面研究。因为研究横跨好些部门和省(区)市,由国家计委、国家科委或中国科学院来主持比较适当。

总之,中国科学院的人员,主要精力放在自然过程的研究上,并需要长时间积累资料。中国科学院的研究更偏重于有关因素的综合研究。在中国科学院的工作范围内,农田调查研究的范围很广,缺乏紧急完成研究工作的压力。一般来说,单纯的寻求对农业生产中某些问题的经验性结果和品种上的实验不宜属于我们的范围,虽然在很多情况下,我们强调增加知识的广泛性,但是用最少的试验工作达到工作目的是我们的希望。农田试验和实验室的工作与不同尺度的区域研究是相互补充的。在华北平原上,1/4属于方法论的研究和对某些选定区域的研究,至少最初几年是这样。应该很好的考虑重视区域研究和实验研究之间的联系,很显然,对其中一方面的研究有助于改善另一方面的研究。

三、能充分利用降水和消除土壤侵蚀的高产农业

能充分利用降水和保持土壤的高产农业是“既能消除水力侵蚀,又能充分利用降水的高产的旱作农业”,这是解决两个区域、三个大问题的关键,将来还可适用于华北全部农田,所谓“全部农田”,也包括灌溉农田。

1. 高产农业的可能性和可行性

从理论上说,华北农业生产当前的主要问题是缺水。没有可能大幅度地改变消耗水

的太阳辐射能和降水。没有灌溉,唯一主要途径就是使土壤接纳和容蓄更多的降水。天天有太阳辐射,却并不天天有降水,假若没有土壤接纳和容蓄水分,只要没有降水,植物的叶片温度就会上升很多,什么植物都不可能生存。华北土壤经过长期耕作和破坏,入渗率和持水力降低了很多,可以人为措施使之增加,首先得用机械方法增加,然后按增加的结果确定耕作制度,再按土壤和耕作制度施用肥料,以由此而增产的干物质的大部分增加土壤有机质含量,从而保持和改善土壤的入渗率和保土性。这是对付干旱和获得高产所必需,同时也是保持土壤所必需,是一举两得。灌溉农业要节约用水,虽然不改良土壤也有不小余地,但改良土壤,充分利用降水,可以节约更多的水。所以说,这一整套措施可以用于全部农田,包括排水良好的灌溉地与旱作地以及经过排水洗盐的地。根据 1975—1976 年的理论计算,如土壤入渗率和保水性改善,有足够肥料,没有病虫害,从延安以东以南,亩产粮食可稳定增加到 1200 斤至 2500 斤,因各地降水状况(此指降水的全部情况,年降水量只是其中的一项)、太阳辐射(光和耗水的热能)、温度而异。但这只说明可能性,而未涉及可行性。

早在作上述计算以前,已经有一些旱作农业高产的报道。近年以来,华北各省以至辽宁南部都有许多事实。报道或偏重土壤耕作,或偏重施肥,或偏重良种,因此前几年就有许多人提出发展旱作农业、耕作保墒、施用有机肥,从增施化肥起步等主张,1982 年黄淮海平原农业发展讨论会上,呼声更多,以后赵紫阳同志也赞成水路不通走旱路。许多事例都说明经济效果相当高。虽不知道每一事例中数据的确实性如何,但总的说来,可行性是不容怀疑的。但晋东南行署农业局王继业在《完整准确的认识、宣传、推广晋庄经验》报告中,在肯定晋庄经验在北方旱作农业上的普遍意义的同时,他指出了两点:“(甲)晋庄经验的具体内容是产生在一个特定的具体生态环境和一定物质生产条件下的经验,……那种认为学习推广晋庄经验只用照抄照搬就行了的观点,是极其有害的。(乙)宣传晋庄经验,必须把它的自然条件和物质条件同时讲清楚,……宣传晋庄经验的资料 and 文章恰恰忽视了这个物质条件。壶关县在推广晋庄经验上……存在着一个严重问题,就是没有强调和不愿意讲清楚晋庄谷子七十年代初由五、六百斤猛增到千斤左右的主要原因是增施磷氮化肥的结果。……主要是某些领导同志有一错觉,好象一讲晋庄的肥料投资水平,似乎就降低了晋庄经验的价值”。这两个问题都是很值得重视的问题。

2. 充分利用降水,根据土壤水分状况确定耕作制度和耕作措施

黄河中游 11.4 万平方公里土壤侵蚀严重地区及华北平原春旱多和一些地区没有灌溉水源,农业生产只能依靠降水,作物生长主要靠隔年墒。现以延安为例说明:这里的主要作物,在土壤不存在阻碍因素的条件下,根系都可达到超过 1 米的深度。根据气候、土壤和作物三方面的因素,估算 1951—1970 年 20 年四种耕作制度下各年逐旬(必要时逐日) 1 米土层的水分平衡。由此得到的第一个结果是:由于夏季及秋初降水多,入渗量大,大多数年份在开春时含水量都相当充足(见表 2),其中田间持水量定为 24%,且假设表面无结皮,下无犁底层。

第二个结果是:开春后由于种植制度不同,土壤水分支出亦不一样。要保持作物生长良好,正常发育,必须计算作物水分亏缺数量(见表 3)。冬小麦一年一作和冬小麦套种

表 2 1951—1970 年延安开春时 1 米土层含水量概况

作物 含水量的 年数(年)	夏播谷子	春播玉米	冬小麦	冬小麦套玉米
接近田间持水量年数	14	12	16	12
250—260 毫米年数	2	3	0	1
200—250 毫米年数	1	2	0	2
180—200 毫米年数	2	1	0	2
160—180 毫米年数	1	3	0	0
140—160 毫米年数	0	0	0	3

表 3 1951—1970 年延安作物水分亏缺量(毫米)

	夏播谷子	春播玉米	冬小麦	冬小麦套玉米
20 年平均	5	55	90	165
最多一年	65	175	185	335
保证率为 70% 时	0	75	125	205
需要灌溉年数	3	17	20	20

表 4 1951—1970 年延安在播种前深渗至 1 米以下的水量(毫米)

	夏谷子	春玉米	冬小麦	冬小麦套玉米
20 年平均	75	50	85	40
最多一年	230	220	270	175
有深渗年数	16	10	15	8

玉米年年水分不足,需要辅以灌溉;春播玉米一年一作也只有 3 年水分不需灌溉补充。夏谷子则有 17 年不需要灌水,保证率为 85%,四种植植制度之中,只有这一种能适应在延安无灌溉条件下的水状况。

推算的第三个结果是播种前深渗至 1 米土层以下的水量(见表 4),由此可以分析如再深耕至 1.5 米或 2.0 米,以 1.0 米至 1.5 米或 2.0 米之间的土层作为水库,用处有多大。夏谷子根较浅,一般不能利用 1 米以下的水分,而且缺水的年份很少,再深耕,作用不大。冬小麦套种玉米,缺水太多,即便全部深渗水都能利用上,也不可能使保证率达到 50%。春玉米到冬小麦年平均深渗量与缺水量相差不多,但因深渗水中有一大部分再渗至 2 米以下,不能供作物利用。逐年计算表明,这也不能使保证率超过 50%。总之,再深翻效用甚少,而费工太多,未必上算。

前几年延安专区召开的保水保土耕作措施会议上,有人认为只需要进行水土保持耕作即可保住水土,不必修梯田,朱显谟先生认为一定要靠梯田。事实上水土保持耕作法可以搞,梯田埂也要做,但不必太高。

11.4 万平方公里中,最大日降水量一般不超过 100 毫米,而黄土和黄土性土壤透水性

很好。透水性好而入渗率低乃由于土面经雨滴打击,很容易形成结皮,在上面塞住水的进入;在15—20厘米深度又形成犁底层或坚实的心土,阻止水再向下渗流。延安硬黄土稳定入渗率为0.06毫米/分,或86.4毫米/日,而绵黄土为0.4毫米/分或576毫米/日。前者略小于100毫米/日,后者远大于100毫米/日。如能每次暴雨后除去土壤结皮,并于适当时候打破犁底层(有些坡度较大的耕地没有犁底层),又按黄河水利委员会标准修水平梯田,在梯田下沿筑20厘米高的地埂,将降水全部留在田内不但是可能的,而且安全系数很高。加以黄土和黄土性土壤土层深厚,易于耕作施工。这是比较容易办到的。当然其中还有许多问题,但都是第二位问题,可以逐步解决。很可能将来通过试验和研究,证明田面不一定要十分水平,地边埂还可以低许多。不过有三点需要加以讨论。

第一点,大家都知道,在11.4万平方公里内,也可能发生甚至大大超过每日400毫米的暴雨。要消除此类暴雨的破坏作用,至少在相当长时期内是困难的。但是此类暴雨,面积很有限,在每一个地方,要上百年以至几百年才出现一次。所造成的损失,也不太大。

第二点,以机械方法除去土面结皮,年年如此,不能持久。深耕破坏犁底层,疏松坚实心土,每年一次不仅费工,而且会破坏土壤结构。两三年一次也未必行。一定要经过一定时期,便可以基本上不再依靠机械措施的方法。

第三点,保持土壤有两个侧面,一是为了减少黄河泥沙,一是为了当地农业生产。为了前一侧面,而不顾后一侧面,必然事倍功半。统筹兼顾,不但是可能的,而且是必要的。

3. 燕山、太行山的山前平原应节约灌溉用水

燕山、太行山山前平原是洪积,冲积扇形成的平原,约占华北平原的1/7,一般排水良好,潜水位深度大于2米。本区的主要特点是没有涝患和盐碱,而且潜水质好,又位于许多河流由山地进入平原的地方,可以建坝蓄水。所以灌溉发达。灌溉面积约占耕地面积85%,农作物单产在华北平原中相对最高。但应节约灌溉用水。

华北平原水分供不应求的情势日益紧张。华北的水源已用了90%左右。潜水位已有下降的趋势,少数地方已形成漏斗,而且还处于不稳定的状态。深层地下水的利用,因补给不足,更容易形成漏斗。由于这些原因,已有不少机井在新的条件下失去作用,还有许多机井有受到影响的危险。在本区的下游水源不足也是很重要的问题,亦需要节约本区的用水以济下游的不足。节约灌溉用水,现在就有不小余地,将来的可能性更大,其意义还不仅在于以上说过的一些。

在本区灌溉中,应提高渠系利用系数、减少灌水时间和数量,而应打破犁底层以增加土壤水库的容水量。现在有许多地方,渠灌因输水设施不完善,渠系利用系数在50%以下。灌水时间和数量不尽适当,有些冬小麦灌水竟达10至12次之多。这不仅浪费水也浪费电力,并且超过田间持水量的水向下或向侧方流失,溶于水中的硝态氮和钾亦随之而丧失。如打破犁底层,作物充分利用1米层内的养分和水分,这对容蓄夏末秋初的降水,留至来春供作物取用,意义特别重大。在此条件下,春播玉米一般不须灌溉。冬小麦需要灌水平均每亩不超过60米³,70%保证率不超过80米³,最早年不超过120米³。冬小麦、玉米一年两熟,需要灌水较多,但平均不超过110米³,70%保证率不超过130米³,最早年不超过220米³。

农业灌溉用水应核算增加的纯收入是多少,要算成本帐。一些发达国家因农业用水经济价值小,都在缩小灌溉面积,如美国亚利桑那州即如此。

减少农业用水后,南水北调等问题亦可解决。目前南水北调还有很多不清楚的问题,如调水经过的地区是石灰岩区,调水穿过黄河,工程上有很多困难问题,且调水后水价很高,经济上是否合算等等均悬而未决。

4. 以化肥提高单产并改良土壤

如果仅采取节水措施,产量可以增加一些,但不会很多。按照作物生产的限制因素原则,水分充足,而养分不足,后者将限制产量的提高。延安附近,氮、磷可能还有某些微量养分,就需要以化肥来补充,虽然以后还可以部分地借助于生物措施(生物固氮,内生菌根菌以土中吸取磷份),但在初期,足够的化肥是必不可少的。否则增产收益不能充分发挥。在作物品种、播种期、播种量、植物保护等各种条件适宜时,85%的年份可以得到亩产1300斤,平均不少于1000斤。现在土壤侵蚀严重区的粮食作物亩产在150斤以下,与1000斤相差很远。

农田亩产增加,净收入增加应该反过来又有助于保持土壤。根据国外资料,表土有机质含量达到2%,便不会产生结皮,土壤有机质含量不低于4%,土壤结构受到破坏,也能自然恢复。在黄土高原,要土壤有机质含量达到4%,恐怕是太高了,假定农田亩产增加到1000斤,根和秆茎全部还田,土壤有机质含量增加1%,需要16年,在秆茎一半还田的条件下,需要26年。由此可见,只靠耕地所提供的有机物还田,要使土壤有机质含量增加到2%到3%,得有很长时间。

燕山、太行山前冲积平原,有机质含量约为0.5%,高亦不过1%左右。全氮含量0.1%,全磷含量约为磷酸0.13—0.16%,可利用的很少。钾含量则相当高。在水分不缺乏的耕地,充分利用光和温度条件,使用了足够的化肥,本区春玉米产量可达1500斤/亩,冬小麦、玉米一年两熟可超过2000斤/亩。

单纯施用化肥如果用得适当,不会使土壤性质变坏,美国西委尔几尼亚农业试验站、英国罗森斯铁得试验站都有单纯施用化肥土壤腐殖质含量增加,土壤变好的例子。

四、农业生产潜力的试验研究

1. 土壤水分动态

(1) 取得可靠的农田水分平衡的数据

全部试验的核心是增加降水在作物生产中的利用率。为此,首先需要农田水分平衡的数据。截至现在,取得此项数据比较可靠的方法是零通量面法,即以负压计测值确定零通量面,以中子水分仪测值分别计算该面以上及以下的水分增减值。此外,还须订正雨量计测值,测定植株截留降水量和水向土中入渗量。

雨量计由于设计上的基本缺点,测值偏低,订正方法在国内尚未研究,有可能得到解决,但要费相当时间。农作物植株截降水的观测,据我们所知,国内尚无经验,国外亦未有成熟的方法,因数值不太大,有一些误差,影响不大,但不能略去不计。现有人渗值的测定

方法所得结果都比实际偏大。仪器的选择与订正的方法都得花一些时间。

负压计的使用有很长历史。中国科学院地理研究所于1960年第一次设计、装制、使用,但性能还不够好。近年以来,国外有不少改进,所用多孔陶土管和塑料管都是美国一家的产品,别家产品一般不能保证稳定的性能。我们用的是国产,是否行,尚有待验订,设计也要改进,都要花一些时间。

中子水分仪国内尚无生产,使用经验也很少。我们用的是英国水文研究所设计的一种,性能很好,但校订、埋管的技术要求很高,维修也比较困难。还得经过一段时间,工作才能顺利进行。

大约在1984年可以解决上述问题,从秋季起取得可靠的数据。在土层中水分向上以气态逸失及向下以液态损失的数值也需要分别测定,前者测定比较容易,后者还有困难。

(2) 农田蒸散的机制与计算

了解农田裸露时、部分覆盖时和覆盖完密时,在不同大气因素、植物因素和土壤因素的制约下的蒸散规律,可采用能量平衡法和乱流相关法。

关于蒸发蒸腾的研究,科学界已用了近两世纪的时间,近几年才明确了,大气因素是第一位因素,土壤因素(给水性能)是第二位因素,植物因素是第三位因素。四十年来,研究重心逐渐依此顺序转移,现在已知数按此顺序递减,未知数按此顺序递增,最后难关将在土壤与根系界面的测定方法。这对生物学、地学的确是很难攻克的难题,很可能对某些技术科学却是轻而易举的。

我们设想:第一步在用前述方法取得一、两年可靠的数据,即拟订可以用于华北的计算方法,按各地容易得到的资料,便能算出大致可用的数值。第二步继续深入研究、探索,而时时处处顾到如何将每一项可以用于生产实际的结果,迅速地实现它的使用价值。这些使用价值不限于农业生产,可以在许多重要领域中发挥它的作用。总之,我们的方针是精益求精,又每一步充分注意到所得结果的应用问题,但还应严格地审定数据的可靠性,按认识的秩序推理,不超越应有的秩序,急于求成。

(3) 作为储水体的土壤及用机械方法改善此储水体的措施。

这一课题的第一项内容是如何对土壤储水体作数值的标定,在实质上这是一个很复杂的函数,而在应用中则只能用较简单的方法。在原则上,应当寻求全面的了解,然后在此基础上再订出尽可能简单的方法。但如此等待下去,得要好多年时间,所以,我们第一步工作是以习用了几十年的“田间持水量”和近十年在探索中的“可吸水量”为对象,作比较分析。前者比较简单,我国也已有一些测值,“可吸水分”比较复杂,在国内似乎还没有人注意到。华北土壤性质比较简单,可能由比较研究便能提出行得通的初步方法。但最近接到英国罗森斯铁得试验站来信说,他们的工作表明“可吸水量”的概念并不确切,但还没有更好的办法。田间持水量的数据按习用的方法使用它,结果不好,是无可置疑的事实。但还可探索是否有可以较好地使用它的方法。可给水分数据,按美国大平原几处试验的成果,在应用上可以解决许多问题,但在英国却效用不好。在华北如何仍应由我们加以检验。不行也得找到不行的原因。行,仍应再进一步消除它的经验性,彻底了解其所以然。

有了数值标定土壤储水体的方法,第二个工作项目就应当如何改进它。这要针对华