

海河流域低平原缺水盐渍区生态农业模式

田魁祥

(中国科学院石家庄农业现代化研究所 石家庄 050021)

摘要 海河流域低平原缺水盐渍区包括石德线以北、滏阳河以东 1.2 万平方公里,该区水资源缺乏,土壤盐碱,农业生产力低。南皮农业综合试验区十年的研究与实践的结果表明,以“水肥盐综合调控,粮棉草适水种植,林果枣生态配置,牛羊鸡适度规模”为核心内容的适水型农牧结合的生态农业模式是该区农业持续发展的可行模式,本文利用区域生态学原理,总结了该区的生态因素特点,结构功能,及农业生态系统调控的技术。

关键词 缺水盐渍化 区域农业 生态农业模式

农业生产在客观上存在着地域差异,在长期的发展和演化过程中,形成了带有明显地域分异特征的区域农业模式,随着社会生产力的发展,区域生态农业的研究越来越重要。1983年,国家将黄淮海平原中低产地区的综合治理列入了重大科技项目。南皮试验区是其中的一部分。1982年以来,依据农业生态和区域农业原理,从多方位出发,利用多学科知识,采用定位观测、田间试验、室内试验相结合,试验—示范—推广相结合的技术路线和系统工程的方法,形成了近滨海缺水盐渍区综合治理的生态农业模式,并在实践中取得了较好的效果。

1 缺水盐渍区的区域生态特征

按系统论(GTS)的观点,农业系统是以人类经济活动为主导、具有明确的社会目标,按社会需求进行物质生产的植物、动物与环境的有序结合的有机整体。这是一个复杂的生态经济大系统,它包括众多的相互关联的单元(社会与自然单元,生物与非生物单元),可以分解为若干子系统。但是,不管农业系统多么复杂,多么庞大,它都具有“生态系统”所共有的基本特征^[7]:(1)农业系统由两个基本组分构成:A. 生物,包括物种及生命活动过程;B. 环境,包括环境要素及能量、物质的交换过程。(2)农业系统具有严格的层次结构(HS),不同层次之间不是孤立的,而是存在着“包含”、“隶属”、“支配”、“服从”等关系,统称为传递关系。

农业资源与环境系统是密切相关的,环境因子以各种方式影响制约生态因子,而使农业资源环境系统综合成一个整体。在不同地区,资源的区域组合特点不同,而且农业资源的组合又随着时间变迁表现出节律变化、定向变化和其他各种变动。发展生态农业必须认

* 本文引用了南皮试区“七五”部分成果。

识资源环境。在识别资源环境系统时,要遵循其相互关系的基本规律^[5],即:(1)最小因子律,(2)等值性或环境因子不可替代性规律;(3)环境整体性;(4)环境要素间互相联系互相依赖性。

近滨海缺水盐渍区的范围,按地理、地势和综合自然条件,包括石德铁路以北、滏阳河以东的海河流域黑龙港地区的 16 个县(市)。总人口 533 万(占河北省的 9.45%),总土地面积 1.28 万 km²(占全省的 6.81%),其中耕地 799267 公顷(占全省的 12.09%)^[1]。

该区紧临滨海平原区,到渤海海岸线的距离为 50—175km,海拔 5—20m,是滨海和山前平原的过渡地带。该区生态资源环境的突出特点是:

1.1 水资源贫乏,浅层地下水成为唯一可靠的再生灌溉水资源

该区属北暖温带大陆性半湿润气候区^[2],年平均气温 11.7—12.4℃,无霜期 190—210 天,光照充足,年降雨量 450—580mm,降雨量年际变异大,变幅在 200—1300mm 之间,且年内分配很不均,60—70%降雨集中在七、八、九三个月,每次降雨的空间分布差异也很大,常常在数里之间的次降雨量就相差一倍及至数倍。多年平均径流系数为 0.09—0.11,近几年逐渐减少、当地蒸发力大(年可能最大蒸散量达 800—850mm),干燥度达 1.5 左右。该地历史上几乎年年积水成涝,直到解放初期,仍是“春天白茫茫(盐碱),夏天水汪汪”的春旱夏涝状态。六十年代以来,随着平原区排涝水利工程建设和山区水库的兴建,该区地面径流已经变得只是向低洼河渠坑塘集中,河流几乎全部常年断流,基本没有出境入海径流发生。

该区地下水资源也极为缺乏。地下自西向东广泛分布一个楔形的咸水体,厚度 10—180m 不等。在部分地段呈带状或片状分布少量小埋深薄层淡水,形成了咸淡水相间分布状态。由于工农业用水量急剧增加,消耗大于补给,浅层地下水水位埋深已由一米左右下降至 3.5—6m,并且仍在继续下降。深层水开采地层深度 250—350m(属更新世地层^[3]),为碱性淡水。七十年代以来深机井急剧增加,由于过量开采,深井的承压水位年下降速度达 1—1.7m,埋深已降到 35—40m 以下,并出现大面积漏斗区。水资源紧缺已成为该区农业发展的主要限制因素。

1.2 盐渍土向脱盐潮土和脱潮土方向转化,潜在肥力和供肥能力低

该区土壤母质为冲积和冲积洪积母质,沙、壤、粘垂直相间,水平交替分布,以耕层质地来看,大约沙土面积占 7%,粘土占 35%,中、轻壤质土占 58%。由于地下水的影响,形成的土壤主要为潮土或盐渍化潮土。五十年代盐土或盐化潮土面积曾经达到 30%,400 万亩左右(盐荒地 150 万亩)。只有少数高岗地为褐土化潮土。近年来,随着地下水位下降和人工灌溉增加,出现了明显的脱盐脱潮趋势,由低湿盐碱转化为旱薄地。但由于心底土中仍然含较多的盐分,如果地下水位控制不当,仍然有大面积次生盐渍化的可能。

1.3 农业结构单一,畜牧是短腿,商品交换率低

农业以粮为主,自给为主,农产品的商品率低。而畜牧业更差。1985 年净初级生产力模数达到 53.3 万 kg/km²,用于畜牧业的饲料饲草能量虽然达到总生物能的 48.4%,但是,由于农业生产状况决定的畜牧结构是以役用畜为主(以标准羊单位计算得出结构比例是大牲畜占 78.6%),畜牧商品生产耗能仅占 11.3%,而形成的商品仅占 1.8%,每亩农业用地仅平均生产了 6.6kg 肉蛋奶,仍然属于农牧结合的初级阶段:即农事型家庭畜牧

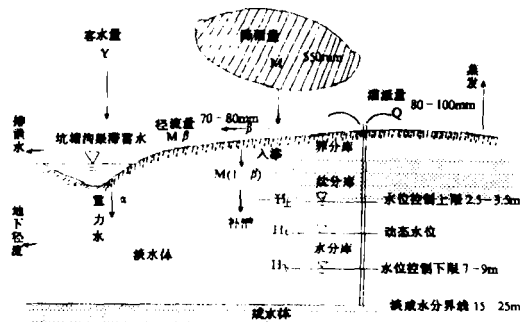
业阶段。

2. 缺水盐渍区资源环境的生态可控性与调控途径

区域综合治理或国土整治工作的本质,就是合理利用资源,在维持生态平衡的同时,提高农业系统持续性和生产效率,建立高产优质高效的生态农业模式。因此,必须提高区域资源环境因素的“能见度”和“能控度”,尤其是对本区的主导因素。

2.1 浅层地下水的活化利用与调控

在本区,旱涝碱咸灾害和农业低产的核心是“水”。水资源的利用和调控应当达到抗旱除涝治碱改咸一体化的生态目标。多年试验研究与定位观测的结果表明,以雨水利用为中心,以打井,活化利用浅层地下淡水和微咸水为手段,以浅层水存贮的地层空间作为“四水转化”(降水、地表水、土壤水、地下水)的协调库,调控地下水埋深在临界动态内,最大限度地使降雨迳流转化为可控制的地下水水资源。从而达到以井抗旱,以灌代排,夏蓄春用,旱涝碱咸综合治理,并维持水的生态平衡的效果。运行模式如图:



浅层地下水利用与调控模式图

The model of the shallow ground water using and adjustment

2.1.1 以井抗旱、以灌代排、夏蓄春用、周年调节

浅层地下水的代谢以垂直交换作用为主。影响地下水变动的因素是降雨及蓄水的入渗、蒸发及开采利用。而开采对合理调控地下水埋深,具有决定性的作用。

春季大量提取浅层地下水抗旱灌溉,能够在雨季前腾出地下“库容”,从而增大降雨入渗,减少了地表迳流,预防渍涝灾害的发生。1977年7月23日一次降雨加前期降雨为156mm,雨前地下水埋深1.2m,迳流深达47mm,发生了涝灾。而1987年全县降雨660—736mm,其中汛期降雨419—509mm,8月26日一次降雨量达到120—260mm,却未发生涝灾。过去低洼易涝的莲花池乡,1974年降雨677mm,发生涝灾,秋季亩产只有32kg;1987年降雨730mm,8月26日一日降雨260mm,由于开发浅层淡水,在汛前地下水埋深下降到4.5米左右,没有发生渍涝灾,秋粮亩产达到203kg。

降雨渗入地下,除补给土壤水以外,大部分转化为地下水,成为可控制利用的水资源。在雨季前地下水埋深2.5—4.5m范围内,每降深1m,降雨入渗补给地下水的数量增加6—22mm。雨季前地下水埋深大于4.5m时,降雨入渗补给土壤水的比重增大,但补给地下水数量将随埋深的增大而减少。雨季蓄水可补充地下水,又为翌年的旱季贮备了水源。春抗旱、夏防涝,实现了对降雨分布不均的周年调节。

2.1.2 浅层地下水可调节的资源量

可调节资源量不仅是灌溉的基础,也是调节旱涝的主要参数。不同水文地质情况下,可调节资源量虽然有些不同,但是,起调水位埋深 2.5—3m 时,多年平均资源量介於 6.3—8.3 万 m^3/km^2 之间。

不同水文年,地下水补给量和开采利用量也不同。偏丰年补给模数可达 10.0—15 万 m^3/km^2 ,灌溉开采量只有 5—6.06 万 m^3/km^2 ,可以增加贮备水资源。早年、偏早年,补给模数只有 2—4 万 m^3/km^2 ,而开采模数为 8—10 万 m^3/km^2 ,造成超采。多年运行结果表明,丰水年多补,干旱年多采,可以做到多年调节,以丰补欠。

2.1.3 浅层水利用可以促进耕层脱盐和咸水淡化

浅层地下水的活化利用和代谢改变了土壤盐分的聚积方向和速度,在底土层形成了盐分缓冲库,集聚了自耕层淋洗出的盐分。观测还表明,浅层水开发区的淡水层矿化度在旱季有上升现象,但变化不剧烈,雨季后仍可恢复;而相邻的微咸水和咸水区水质明显淡化,淡水区面积增大,咸水区面积缩小,地下水水质趋向均一,趋向淡化。开采利用强度越大,越明显。

2.1.4 控制地下水动态埋深,达到抗旱、防涝、治碱、改咸一体化

以水资源为中心的生态调控的关键在于控制地下水埋深在防灾的合理状态。一般应控制在 2.5—7m。浅层地下水能不能连续超采? 试验表明地下水埋深不宜超过 7m。因为水位埋深越大,可采水层越薄,集水速度越慢,灌溉能耗越大,也不能保证水资源的永续性。

2.2 井灌条件下的土壤盐分动态与控制

当地下水埋深在土壤返盐临界水位附近变化时,土壤盐分呈春季蒸发、积盐、雨季淋溶、脱盐的周期性变化^[6]。当井灌利用浅层地下水,地上水埋深常年维持在 2.5—3m 以下时,土壤盐分动态也发生了重大转变,淋溶-脱盐强度超过蒸发-积盐强度,土壤耕层迅速脱盐。土壤盐分分布由表聚型而趋向均衡,在底土层的包气带形成盐分贮存库(如图 1)。

2.2.1 蓄雨洗盐

降低地下水水位后,降雨可以使大面积盐碱地脱盐。据实际观测,汛前(地下水埋深为 4—5m),一次降雨量 25、76、159mm 时,0—40cm 土层脱盐率分别为 30、35、45%,0—10cm 土层脱盐率分别为 38、62、88%。在一次降雨 150mm 时,土层脱盐深度可达到 1m。降雨量越大,排盐量也越大。原来雨涝渍盐的不利因素,变成洗盐排盐的积极因素。

2.2.2 灌水洗盐

旱季灌溉,水量超过田间持水量的 10—30%,可以增加重力水下渗,起到淋盐作用,排除根层土壤盐分,把盐渍度降到作物耐盐极限以下。对轻、中盐碱地要适当加大灌溉定额。在根层原始土壤含盐量 0.2% 左右的盐碱地上,一次灌水 750—825 m^3/ha ,可使 0—30cm 土层脱盐 33—56%,30—100cm 土层脱盐 23—32%,100—200cm 土层脱盐也可达 12—32%,地下水矿化度淡化 6—11%。

2.2.3 重盐碱荒地,通过开沟起垄,改变微地形,垄上覆膜沟内盖草,通过蓄集雨水,可以迅速改变土体盐分分布。

2.2.4 利用生物改盐

种植苜蓿可以加速盐土改良。苜蓿在一米土体含盐量 0.2—0.3% 种植时,每年带走

的盐分只有 50—70g/m², 仅仅是全盐的 2—5%, 还不能消除次生盐渍化的威胁。但土壤盐分的剖面分布与种类变化很大。氯离子与钠钾离子数量同步减少, 而且向下层移动; 硫酸根离子与钙镁离子以非常相近的数量同步移积^[4]在犁底层和心土层。

2.3 土壤的供肥能力与调控

潮土是试区的主要土壤, 其物理性状不好, 水适应性差、肥力尤其是供肥能力偏低。为使土壤在脱盐之后, 迅速向高产土壤发展, 必须加强土壤供肥能力的调控。

2.3.1 施用化肥是迅速提高低产土壤供肥能力的首要措施

潮土肥力低下, 不仅表现在有机质含量不高, 更重要的是严重缺乏速效氮磷养分。由于土壤速效养分不能满足作物生长需要, 生物产量不高, 培肥地力缺少物质基础, 形成地力日下恶性循环。因此增加土壤速效养分已成为提高潮土肥力和作物产量的核心问题。据试验: 在施入氮量接近的情况下化肥当季增产效应大约是有机肥料的三倍, 有机肥平均每公斤氮素增产粮食 11.3kg, 而化肥平均每公斤氮素却可以增产 34.7kg。

当前, 人们谈起“生态”, 越来越重视“有机”。但是, 不可忽视的是我们处在低产水平, 首先要靠增加无机投入, 才能推动土壤进入有机农业的良性循环。

2.3.2 增施有机质, 提高土壤潜在肥力

提高潮土潜在肥力关键而艰巨的环节是提高土壤有机质含量。它不但是多种养分的供应源泉, 而且是提高土壤缓冲性、保水、保肥、改善物理性状的重要物质基础。调控潜在肥力关键在于增加有机质投入。据不同有机质还田试验, 每年每亩压入干物质 500kg, 8年后测定: 玉米秸处理的土壤有机质由试验前的 0.79% 增加到 1.241%, 增加 0.451%, 每年递增 0.0564%; 田菁加玉米秸处理的土壤有机质达到 1.200%, 纯增 0.41%, 每年递增 0.0513%, 按投入氮量计算, 单位有机氮增加有机质的作用是化肥氮的 2.22—6.90 倍。

2.3.3 有机无机结合, 氮磷配合, 调节土壤肥力

使用氮素化肥能增加土壤全氮含量, 单施氮素化肥时, 每公斤肥料氮可以增加土壤氮 0.11kg; 氮磷平衡有利于土壤氮的积累, 氮磷配合施用, 可以增加 0.175kg。施用磷素化肥能迅速增加土壤速效磷含量, 施用一年后, 每公斤肥料磷可增加土壤速效磷 1.01—1.68mg/kg, 而施用有机肥料磷每公斤(五氧化二磷)仅能增加土壤速效磷 0.37—0.41mg/kg。但是, 单独使用氮素化肥会使速效磷下降。增施有机肥, 有机无机配合也是增加有机质的有效途径。高碳的植物残体与氮肥一起使用, 能产生更多的腐殖质, 因而有利于土壤有机质的增加。对比试验四年后的测定结果可以看出: 单施有机肥培肥, 土壤有机质绝对值则增加 0.14—0.28%。

2.3.4 水肥配合提高肥效

土壤水分的缺乏对土壤供肥能力影响很大, 采用补给水分与保蓄水分相结合的方法, 维持水肥最佳配合是必要的。灌溉定额与化肥肥效关系密切。过量灌溉, 使土壤 N 素残留深度增大, 在土壤中 N 素迅速转变为铵态, 而被土壤吸附, 不能向耕层移动, 使肥料利用率下降。浇水 1050m³/ha, N 肥回收率为 85.4%, 增大或减少灌溉量, 都使损失率增加 (600m³/ha 或 1500m³/ha 时, 损失率达 19.0—20.2%)。

3 适水型农牧结合生态农业模式及建设技术

最佳生态农业模式应当是立足本地水土资源,在提高粮棉产量的同时,注意发挥土地资源的优势,促进农林牧综合发展;在不断改善环境条件的同时,提高农业生态系统的区域综合生产力。针对上述水肥盐的资源状况和可控性,为了农业发展,为了农村繁荣,为了农民富裕,在南皮试区十年实践结果表明:以“水肥盐综合调控,粮棉草适水种植,林果枣生态配置,牛羊鸡规模经营”为核心内容的适水型农牧结合生态农业模式是可行的。

水肥盐综合调控是指通过农业生态环境的改良,防治旱涝碱,为提高土地生产力创造条件;粮棉草适水种植是指从农业综合发展出发的、以水为限制条件的最佳土地利用结构;林果枣生态配置是指建立“双效益”的混林农业生态景观,提高农田抗灾能力;牛羊鸡规模饲养是指以草食畜为主的农牧结构。简称为:“水肥盐、粮棉草、林果枣、牛羊鸡”。

在调控水肥盐三项主导的资源环境条件的基础上,建设适水型生态农业的关键技术还有三条:

3.1 建立适水型种植结构

以社会需求为背景,以水资源为限制条件的水土气生资源配置方法很多。以雨水利用为中心,浅层地下水利用为手段的平均灌溉水资源量仅有 80mm,即灌溉水模数为 8 万 $\text{m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 。以此为条件,利用动态规划递推原理,推得保粮促商的适水种植结构是:

A. 稳产高产粮田以小麦—玉米为主。每年补浇 200—300mm,全年亩产可以达到 560—700kg。保证农民自耗和畜牧用粮,适当发展商品粮,应保证粮田种植面积模数为 22—28ha/ km^2 ,灌溉需水量为 5.6—6.6 万 m^3/km^2 。

B. 抗旱地首先保证棉花生产。按粮外水资源余额 1.4—2.4 万 m^3/km^2 ,仅可种植棉花 14—16ha/ km^2 。另外,利用 13.3—16.7ha/ km^2 发展枣粮间作和梨园。

C. 仍然有灌溉条件的旱作雨养地 30.7—22.7ha/ km^2 ,适宜种植耐旱的杂粮、经济作物与牧草。

这样既可以维持水资源平衡,又可以获得最大经济效益。群众称为:“一亩粮田保吃饭,一亩梨枣奔小康”。

3.2 建设良好的景观生态系统

林木是农业生态系统的必要成分,也是缺水盐渍区景观生态系统的主体。但是,缺水盐渍区恶劣的生态条件不仅影响农作物,也限制了林业的发展。因此,要建立与水分条件相适应的林(网)果(园)枣(间作)结合的景观生态形式,林木复盖度达到 10—12%。

林网布局上,以骨干河渠和道路为依托建立骨干林带,密度约为 1—1.5km/ km^2 。

村庄绿化是防护林体系的重要组成部分,一般可占到林木总覆盖度的 1/4。

枣粮间作是节约水土资源,生态效益、经济效益、社会效益融为一体的立体种植方式,也是混林农业的重要方式,可以弥补骨干林带大网格的不足。适宜的间作面积的为 20—30%,纯枣覆盖度可占林木总覆盖度的 1/4。

果园是林木生态体系中最活跃的部分。在市场与计划经济指导下,发展本地名特优的鸭梨,不仅能改善生态环境,而且对增强农民经济实力、增加农民就业机会有重要意义。按水资源条件,种植的面积不宜超过 6%。

3.3 促进畜牧业的发展

以水土资源为背景的本地种植业产品中,粮食产量模数为 16 万 kg/km^2 ,可以用于畜

牧的饲料模数为 7.7 万 kg/km²,以玉米、麸皮等能量饲料为主,而相应的秸秆类饲草为 22.2 万 kg/km²。为了促进农事型家庭畜牧业向商品型畜牧业发展,要发展以草食畜为主的畜牧体系。发展的途径是:

3.3.1 在维持家庭承包土地耕作和运输需要的基础上实行役畜母畜化,在役用的同时利用农闲增加繁殖量;随着农业机械化的发展,由役用(骡马)向役肉兼用型(牛)过渡。

3.3.2 积极推行牛羊鸡兔的适度规模饲养,这是商品畜牧业发展的重要形式。

3.3.3 发展饲料加工。由于本地饼粕类少,直接充分利用秸秆必须增加蛋白饲料来源。尿素非蛋白氮是蛋白饲料的重要补充来源。

参 考 文 献

- 1 河北省统计局编.河北省国民经济统计资料,石家庄:河北人民出版社,1985
- 2 河北省区划办、省气象局编制.河北省气候图集,北京:气象出版社,1988
- 3 河北省区划办编.河北省农业区划,石家庄:河北人民出版社,1985
- 4 柯夫达(苏).土壤盐化和碱化过程模拟,北京:科学出版社,1986
- 5 牛文元,环境要素,中国大百科全书“环境科学卷”,北京:中国大百科全书出版社,1982
- 6 石元春等著.盐渍土的水盐运动,北京:北京农业大学出版社,1987
- 7 周曼殊.改革开放与复杂系统,成都:国防科技大学出版社,1990

The Agricultural Model for the Water—deficit Region in the Lower Plain of the Haihe River Basin

Tian Kuixiang

(*Institute of Agricultural Modernization, CAS, Shijiazhuang 050021*)

Abstract The water—deficit region in the lower plain of Haihe river basin is located at the east of the Fuyang river. It occupies 12000 km². In this region the agricultural productivity is very lower; the soil is salinized and the water resources are limited. The research and experience of the comprehensive agricultural production by the Nanpi research group during the past ten years have proved that the reliable agricultural ecological model for the continuously agricultural development of this region is based on the comprehensive adjustment and control of the water, fertilizer and salt, optimum planting of grain, cotton and pasture according to the water resource, ecological allocation of forestry, fruit and date(Jujube). In this paper the characteristics, structure and functions of the ecological factors of this region are summarized. The techniques for the adjustment of agricultural ecological system was also discussed.

Key words Water—deficit and salinization; Regional agriculture; Model of ecological agriculture