

# 怀来县水土资源高效利用模式与农业节水技术探讨

杨莉琳, 毛任钊, 李红军

(中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心, 石家庄 050021)

摘要: 根据怀来县自然气候条件和水土资源利用现状以及在沙漠化形成和防治过程中的重要地位, 分析了该县粮果生产和生态环境的矛盾, 针对首都圈生态环境建设的整体需求, 总结提出了适宜该县不同区域的水土资源高效利用的优化模式和农业节水技术。其宗旨是杜绝过度垦殖现象, 调整农业结构布局, 实施“退耕还林还草”工程和农业节水技术, 提高该区水土资源的生产效率, 建设稳产高效农业和林果业, 增加当地群众的经济收入, 形成环京津地区的天然绿色防线。

关键词: 生态环境; 节水农业; 防沙治沙; 可持续发展

中图分类号: X 171. 1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2004)01-0027-04

## Discussion on Patterns and Techniques of Optimum Utilization of Water and Land in Huailai County

YANG Li-lin, MAO Ren-zhao, LI Hong-jun

(Research Center of Agricultural Resources, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang 050021, China)

**Abstract:** Based on Huailai's characteristics of climate and the resources use of water and soil, the conflicts were analyzed between environment and production of food and fruits. Different models were put forward for effectively using resources of water and land according to the requirement of re-establishing environment for Beijing. All the measures aim at improving the production efficiency of soil and water resources, increasing local farmers' income, resuming the environment for local and all around regions, and forming a "green defend barrier" to Beijing, to prohibit excessive reclamation, regulate agricultural structure, advocate water-saving techniques and develop vegetations instead of farming in the lands with low production and environmental degradation.

**Key words:** eco-environment; water-saving agriculture; sand prevention and control; sustainable development

怀来县地处我国内蒙古高原向华北平原过渡地带, 生态环境脆弱, 由于水土资源长期未得到合理利用, 致使其成为首都北京近年来频繁发生的“风沙”天气的沙源区之一。通过分析类比气候、水土资源和生物资源等影响区域生态环境的自然因子特征, 筛选、总结适应于该县水土资源高效利用的优化模式和农业节水集水技术, 对水资源匮乏的北方干旱地区农业生产可持续发展和首都圈生态环境整体建设具有重要意义。

### 1 水土资源特征及其利用现状评价

怀来县位于河北省张家口市东南部, 永定河上游。其地理位置为东经 115°46'48" ~ 115°58'00", 北纬 40°04'10" ~ 40°35'21", 总国土面积 1 793.2 km<sup>2</sup>, 全县辖 17 乡镇, 共 279 个行政村。2000 年末人口 32.3 万, 农业人口占 83.90%, 人口

密度为 180 人/km<sup>2</sup>。

#### 1.1 季风气候显著, 干旱多风

怀来县属温带半干旱大陆性季风气候, 多年平均日照时数为 3 027.8 h, 气温 9℃。太阳辐射总量为 6.112 × 10<sup>4</sup> J/(cm<sup>2</sup> · a), 比北京、石家庄、张家口辐射量高; 生长季节热量较多, 日均气温 10℃的天气持续 176 d, 无霜期 149 d; 可以满足间套栽培农作物生长需要。年均蒸发量是降水量的 5.4 倍, 蒸发量绝对值甚至超过干旱严重的华北平原许多县市。冬春季干旱风大, 加剧了土壤水分的无效消耗以及土壤侵蚀。霜冻来得早, 秋季气温下降快, 直接影响农牧业生产。气温垂直分布明显。由于境内海拔相差比较悬殊, 气温具有准垂直地带性。农作物生长旺季的 6~9 月份, 白天太阳辐射强, 夜间地面散热快, 昼夜温差大, 平均日较差达 11~12.4℃, 对各种作物积累干物质极为有利, 该县出产的粮油作物

<sup>1</sup> 收稿日期: 2003-08-01

基金项目: 科技部首都圈(环北京)防沙治沙应急技术开发研究与示范项目(FS2000-007-01); 中国科学院农业资源中心创新项目

作者简介: 杨莉琳(1968-), 女, 河北张北人, 在读博士, 副研究员, 主要从事养分资源利用及环境生态方面的研究工作。

籽粒饱满而品质好,各种水果含糖量高。

### 1.2 水资源不足且水利用率低

区域水资源总量由地表水、地下水和土壤水构成,降水是主要补给来源。土壤水资源,占降水量的 60%~70%,具有不可调度性和不可开采性,只能就被植物蒸散或直接蒸发。属正常水文年型。绝大多数地表水、地下水矿化度<1 g/L,水质优良,适宜于农业利用。境内有 18 条主要河流,其中常年性河流有永定河、桑干河、洋河、泇水河,均属海河水系。另外还有 14 条集水面积均在 30 km<sup>2</sup> 以上的次级河流。

水资源利用呈如下特点:人均水量较少,全县人均水资源持有量 864.7 m<sup>3</sup>,是全国均值的 32.49%,但高于所在海滦河流域的平均水平;时空分布不均匀。各条河流年径流量的 70%~90% 主要集中在 7~9 月份,年径流量的变化幅度较大;过境水引用能力差。过境水或官厅水库水量占全县总资源量 80% 以上,但是利用率极低。农业用水比重大(表 1)。水源浪费、水质污染问题突出。近年来,洋河、清水河接纳工业废水,属于重度污染河段,加之沿岸农田化肥农药用量增大,导致官厅水库水质难以达到生活饮水标准。农田灌溉沿用传统用水方式,浪费现象严重;工业开发区大量利用地下水,采补失衡,县城附近约 40 km<sup>2</sup> 范围出现了地下水降落漏斗。

表 1 怀来县 1998 年分类实际用水量							
	农田灌溉	工业	城镇生活	农村生活	林牧渔副	总用水量	
水量/万 m <sup>3</sup>	9 559.50	804.14	165.86	474.9	1 624.00	12 628.40	
比重/%	75.70	6.37	1.31	3.76	12.86		

### 1.3 山地比重大,人均农耕地较少

怀来县属于冀西北山地区。以地貌形态分类,山区几乎占全县总面积的一半,河川(平原)区约占 1/3,丘陵区比重略大于 1/7。共有 6 个土类,分别是棕壤、褐土、草甸土、水稻土、灌淤土、风沙土。土壤分布有明显的区域性和垂直地带性。土壤有机质含量低、普遍缺氮、严重缺磷、钾较丰富,微量元素不足。

怀来县几乎有一半国土属未利用土地,牧草地奇缺(表 2)。农耕地、果园地和林地等三项用地面积 6.5 569 万 hm<sup>2</sup>,仅占土地总面积的 36.6%,三者之间的用地比例为 1 0.33 0.50。在北方干旱地区来讲,耕地资源相对较少。

表 2 怀来县土地利用状况表									
类别	耕地	园地	林地	居民地	交通	水域	未利用土地	合计	
面积/hm <sup>2</sup>	35 827.8	11 812.2	17 929.4	8 829.6	2 112.9	13 703.7	89 102.8	179 318.5	
比重/%	19.98	6.59	10.00	4.92	1.18	7.64	49.69	100.00	

### 1.4 生态环境脆弱,沙化土地面积较大

怀来县是三北防护林和环京津绿化工程县和全国 58 个水土保持重点县之一。宜林地 5.98 万 hm<sup>2</sup>,实有林地约占 50%,森林覆被率为 23.3%,低于张家口全市平均水平。据统计,怀来县近年水土流失面积达 1 333 km<sup>2</sup>,占总国土面积的 74%,其中>500 t/km<sup>2</sup> 的严重流失面积 979 km<sup>2</sup>。水土流失造成水库河道大量泥沙淤积,如官厅水库的泥沙淤积量年均 311 万 t,最高为 900 万 t/a,响水铺则达 636 万 t/a。怀来

县是河北省三大沙区的重点区域,现有沙化土地 3.33 万 hm<sup>2</sup>,占国土总面积的 18.5%,其中 80% 分布于官厅水库周围及永定河上游黄土丘陵地区。较之 80 年代初,沙化土地增加约 6 倍之多。沙化农田 1.3 万 hm<sup>2</sup>,占耕地的 39.2%。全省五大沙滩有两大沙滩(南马场、甘汲滩)计 1.6 万 hm<sup>2</sup>分布在水库南北两岸。在官厅水库南岸和洋河北岸已形成三处流动沙丘,其中洋河北岸有高度约 15 m 的米沙梁沙丘,占地面积约 18 hm<sup>2</sup>;官厅-康保公路南侧有两处:天漠沙丘,13.5 hm<sup>2</sup>,最大高度约 15 m;龙宝山沙丘,3.7 hm<sup>2</sup>,高度约 12 m。目前两个沙丘距北京市约 70 km。

### 1.5 农业生产中存在的问题

农业结构欠合理:怀来县是省级粮食生产基地和省畜牧水产业基地,也是全国四大蔬菜生产供应地之一的张家口地区的重点县。种植业在农业生产中有举足轻重的作用,牧业其次,而林业和渔业地位则甚低。林业产值中,果品的低收入与高产量极不匹配。主要农作物有玉米、水稻、谷子、豆类、小麦、莜麦等。其中,玉米种植最广,占粮食面积的 53.91%,而大豆和稻谷分别只占 9.26% 和 5.11%。经济作物以蔬菜、向日葵、花生等油料为主,其次是烟叶、胡麻类和药材。蔬菜瓜类约占经济作物面积的 56%。

作物单产不稳定:除稻谷外,怀来县农作物平均单产年际变化很大,多数年份耕地资源生产水平低。尤其是近年来,生产资料价格上涨,电费提高,农业成本大幅度增加,农民耕种土地的积极性降低,部分劳动力转移,弃农从商或进行第二、三产业的人数有增无减,造成耕地撂荒,面积减少。其次,即使现有耕地仍用于农业种植,但长期耕作粗放,忽视投入或重氮轻磷的经营方式,导致土壤养分缺乏或失调,土壤结构恶化,肥力下降,严重影响了单位面积产量的提高。

## 2 水土资源高效利用的优化模式

### 2.1 土地利用分区

根据怀来县上述水土资源特征及利用现状,参照《河北省怀来县土地利用现状调查报告》,本着‘树上山,粮下川’的思想,加强河川地、缓坡耕地农田基本建设,提高粮食单产,解决农民退耕后吃粮的后顾之忧,扩大陡坡耕地的退耕空间,建设高效生态农业和环京津强大的绿色生态屏障。将全县分为农业用地区、牧业用地区、林业用地区、水产养殖区和城乡建设等类型区(表 3)。

表 3 怀来县土地利用分区		
类型区	面积/hm <sup>2</sup>	优化模式
农业用地区	35 827.8	(1)粮+菜+林网复合经济生态模式
林业用地区	29 741.6	(2)以水果为主的经济林+以灌+乔为主的防护林模式
荒草地	80 000	(3)以草为主的水源涵养模式
城乡建设用地区	12 583.9	/
水产养殖区	13 703.7	(4)坑塘养鱼+水生植物+放养家禽经济生态模式
其它	7 463	(5)名胜古迹+景观旅游模式

2.2 粮+ 菜+ 林网复合经济生态模式

高产田模式: 粮+ 菜为主的经济生态模式。适宜于中部官厅水库周围的阶地及中东部的河川区。这些区域集中分布着基本农田, 土壤比较肥沃, 水源丰富, 灌溉条件良好, 水土保持较好。农田和庭院实行科学的立体种植, 农田适宜栽种高产作物如水稻、玉米、蔬菜等。具体地, 在积水、保水条件较好的下湿地栽种优质水稻; 在有水源保证的平地, 大力提倡种植经济价值高的蔬菜; 在地势较高、保水性较好的缓坡梯田地带种植优质玉米。这类作物不仅产量高, 而且品质好, 可增加农民的经济收入。在粮菜田周围并沿洋河大渠走向设置农田林网, 用以防风固沙, 调节气候, 改善生态环境, 保障农田稳产高产。主要栽培杨柳榆槐, 树下种植紫穗槐、杞柳等灌木, 达到多层郁闭。除栽培杨柳榆槐外, 可因地制宜配合栽培海棠、苹果、葡萄等经济林, 构成整个河川地区纵横交错的防护林网, 大幅度降低土壤风蚀和水蚀。该模式是在实行退耕还草还林基础上, 以少量耕地实现“两高一优”高效农业的根本途径。

低产田模式: 草+ 林为主的经济生态模式。该模式的核心是实行有机无机结合旱作大农业, 果、粮、油生产合理配置, 抓资源优势品种的经营和基地建设。中部丘陵坡地, 约 8 万  $\text{hm}^2$ , 一方面, 对坡度平缓的中低产田, 在小流域治理及农田工程措施前提下, 通过调整农业种植结构, 利用微集雨工程技术, 改善农作物生长的水分条件, 建设适量规模性高效农田, 发掘旱地潜力; 对坡度  $> 25^\circ$  的中低产田, 通过直接退耕还林还草和封育措施, 重建林草植被, 用以涵养水源, 逐步从林草业获得经济效益, 并达到防止水土流失, 保护生态环境和治理沙化的目的。栽培树种以杨柳榆槐为主, 牧草有沙打旺、紫花苜蓿、草木樨、羊茅、羊草、冰草、披碱草、碱茅、无芒雀麦等。

2.3 以水果为主的经济林+ 灌+ 乔为主的防护林模式

该模式适宜于在怀来县丘陵区、南北浅山和深山区。怀来县森林覆被率为 28%, 接近于张家口全市平均水平。全县宜林地 5.98 万  $\text{hm}^2$ , 实有林地约 50%。

怀来县果树栽培历史悠久, 果品种类较多, 水果生产具有明显优势: 交通便利且距离京、津较近, 销售市场广阔; 成熟期晚, 可以供应淡季市场; 自然条件适宜, 地形高低悬殊, 昼夜温差大, 有利于形成优良品质; 官厅湖牌海棠脯、杏脯和黄太平脯; 白牛奶葡萄曾为历代贡品, 属当今国宴水果之冠; 用“赤霞珠”、“龙眼”等优质葡萄酿成的干白、干红葡萄酒驰名中外; 存瑞乡的苹果远销俄罗斯。

在南北浅山、丘陵区(海拔 600 m 以下) 以发展经济林为主, 因地制宜发展苹果、葡萄、海棠、黄杏、杏扁、大枣等经济林, 提高当地群众的经济收入。川地和丘陵地经济林建设与产供销一体化经营, 建“精品果园”, 如桑园“龙眼酒用葡萄”基地。平川地通过水利设施建设, 配合微灌技术, 建成稳产高效的补水果园; 丘陵地利用机械化水平梯田, 建成高效自集水型旱作果园。采用沟栽密植、穴施水肥、滴灌节水等集约化

高效种植技术, 结合园区隙地保护性耕作, 形成生态与经济效益同步提高的技术体系; 发挥毗邻首都的区位优势, 通过面向市场的产品直销或加工增值, 使干鲜果品生产与加工成为区域优势产业与农村经济支柱。

2.4 以灌+ 乔为主防护林模式

根据植被地带性及土壤特性, 在低山丘陵和荒山丘陵地带, 建立以控制水土流失和涵养水源为主体的植被恢复重建技术体系, 促进坡耕地还林还草的生态建设。北部山地约 4 万  $\text{hm}^2$ , 为林牧水保区, 应调整农林牧各业关系, 加强林地封育、更新措施, 落实限制山羊政策, 最大限度地减少对自然植被的破坏, 突出发展肉牛、奶牛, 改进饲养方式, 改良品种, 变散牧为舍饲圈养。灌丛是山区人民重要的薪炭林, 应重点栽培发展灌丛植被如榛子灌丛、绣线菊灌丛、胡枝子灌丛、山杏灌丛和鼠李灌丛等。低于 1 000 m 以下的低山丘陵部位, 宜采取封山育草, 保持水土流失, 并保护当地野生灌草丛植被如白羊草群落、野古草群落、铁杆蒿群落和岩蒿群落, 发展以经济林为主的水土保持林, 辅之以洋槐、柳树等用材林, 可以建设“小康工程”, 发展“经济沟”, “经济坡”。重点地带加大投入, 加快造林固沙进度。

除灌丛植被外, 应保护现有野生或人工乔木树种如侧柏林、油松林、桦杨次生林、桦树、山杨林、辽东栎林、蒙古栎林和杂木林等群落。因地制宜发展果树生产如黄杏、大杏扁、核桃、大枣等。

2.5 以草为主的水源涵养模式

分布于东南部各乡镇低山丘陵干草原植被区和沙生植被区的广大荒草地, 产草量较低, 资源利用率极低。应重点加强人工草地的建设, 种植适应性强、成活率高的优质牧草品种和沙生植物, 使草场覆盖率达到 60% 以上。以增加草本植被, 涵养水源, 提高土地资源利用率, 增强本区防风固沙能力。

2.6 坑塘养鱼+ 水生植物+ 放养家禽复合经济生态模式

该县水域面积较大, 共有 0.696 万  $\text{hm}^2$ , 其中官厅水库 0.692 万  $\text{hm}^2$ , 具有发展水产业的优良自然条件, 但是目前的利用率很低, 产量也不高。故此, 应在符合首都水源保护法规的前提下, 采取适宜的技术, 加大力度开发水产养殖业, 如拦网养鱼、围栏养鱼、网箱养鱼等。对洋河、坑塘和中小型水库, 实行养鱼+ 水生植物+ 放养家禽复合经济生态模式, 增加当地人民的经济收入。

2.7 名胜古迹- 旅游模式

怀来县名胜古迹较多, 如与八达岭相距 54 km 的万里长城、方家冲的古崖居、鸡鸣驿的古城、鸡鸣洞和地热温泉等都具备了极好的旅游资源特点; 近年随着社会民众对沙尘危害的认识, 境内南马场新建的古城“天漠公园”也成为热俏的旅游景点。在合理保护对策下充分开发利用, 建立旅游观光或疗养区, 不仅提高了土地及资源的利用效率, 而且可招商引资, 促进该区的经济发展。

### 3 农业节水技术体系

#### 3.1 农作物种植结构调整

因地制宜进行农作物结构调整是实现水土资源高效利用的途径之一。怀来县栽培的植被中,有粮食作物、经济作物、蔬菜、果树、花卉等。对确实不适宜继续种植粮食作物的土地、必须退耕还林还草;对高效土地,应稳定耕作面积,以保证粮食和经济作物的稳步发展。对粮食作物内部的结构调整,稳定水稻面积,压缩玉米面积到 10 000 hm<sup>2</sup>。在水源不足的山区和丘陵区发展旱作农业,适当扩大谷子的种植面积,小米是我国广大群众常年喜爱的小杂粮品种,谷草又是优质饲草,要保证谷子的种植面积不少于 8 000 hm<sup>2</sup>,占粮食作物的 27%。

#### 3.2 节水技术

怀来县水资源相对比较丰富,但存在时空分布不均的问题。在不同类型土地上,采取相应水资源管理对策,建立节水型的高效农业生产体系,如水源调控技术,灌溉技术和调控制节水技术等<sup>[3]</sup>,对于促进当地农业生产的发展,防治荒漠化,实现社会经济的可持续发展战略具有重要意义。

#### 3.3 集水技术

丘陵区农业栽培措施上的根本出路在于实施“集水”与节水相结合,只有将自然供给的雨雪合理集蓄起来,才能在缺水时节重新分配使用。目前,在该区适宜的集水技术有:水窖、涝池、塘坝或塘库、地头水柜、小水库、小水塘等。其中,在南北山区有地形较好的溪沟河谷,有一定的集水面积,可以修建塘坝或塘库,将多雨年份或多雨季节的径流蓄存于此,

参考文献:

[ 1 ] 联合国粮食及农业组织. 径流集蓄[ M ]. 北京: 中国农业科技出版社, 1996. 45– 52.  
[ 2 ] 石玉林, 卢良恕. 中国农业需水与节水高效农业建设[ M ]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001. 98– 102.  
[ 3 ] 沈振荣, 苏人琼. 中国农业水危机对策研究[ M ]. 北京: 中国农业科技出版社, 1998. 76– 88.  
[ 4 ] 封志明, 李飞, 刘爱民. 农业资源高效利用的优化模式与技术体系[ M ]. 北京: 中国科学出版社, 2002. 15– 24.  
[ 5 ] 蔡强国, 赵宏夫, 王忠科, 等. 永定河上游张家口市水土流失规律与坡地改良利用[ M ]. 北京: 环境科学出版社, 1995. 33– 37.

( 上接第 22 页)

[ 2 ] Bonde AT. Microbial biomass as a fraction of potentially mineralizable in soil from long field experiment[J]. Soil Boil Biochem, 1998, 20( 4) : 447– 453.  
[ 3 ] 姚圣梅. 蔬菜大棚土壤微生物种类及数量的初步研究[ J ]. 华中农业大学学报, 1997, 16( 4) : 92– 95.  
[ 4 ] 姚圣梅. 蔬菜大棚土壤微生物群落的研究[ J ]. 中国蔬菜, 1997, ( 4) : 37– 38.  
[ 5 ] 唐咏. 日光温室蔬菜栽培对土壤微生物和酶活性的影响[ J ]. 沈阳农业大学学报( 自然科学版) , 1999, 30( 1) : 16– 19.  
[ 6 ] 贾继文. 蔬菜大棚土壤理化性状与土壤酶活性的关系研究[ J ]. 山东农业大学学报( 自然科学版) , 2001, 32( 4) : 427– 432.  
[ 7 ] 曹慧, 孙辉, 杨浩, 等. 土壤酶活性及对土壤质量的指标研究进展[ J ]. 应用与环境生物学报, 2003, 9( 1) : 105– 109.  
[ 8 ] 张成娥, 梁银丽. 黄土高原区套作苹果幼园土壤养分及酶活性研究[ J ]. 干旱地区农业研究, 1999, 17( 4) : 22– 26.

以解决人畜和旱季的农业灌溉用水,充分发挥降水的生产效益;在西部河川区的洋河边则可利用低洼地调蓄雨洪。

### 4 土地高效节水潜力分析

参照甘肃、陕西、山西、辽宁等地水土资源高效利用的试验资料,以怀来县 1998 年种植面积估算出实施高效措施后的节水潜力。在怀来县农业用水中,若单考虑把主要栽培植物的无效损失的水量通过节水措施而得到充分利用,在总用水量不变的情况下,总节水量为 3 672. 5 万 m<sup>3</sup>,如按平均用水定额 3 500 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>计,可增加灌溉面积 1 万 hm<sup>2</sup>,年增产粮食 1 500 万 kg。根据作物结构及布局,推荐怀来县的各类作物灌水量如表 4。可见,怀来县存在较大的节水潜力。为此,我们可以采取各项行之有效的水土资源高效利用措施,在保证粮食高产优质的前提下,将目前的灌溉水量和灌溉定额减下来,最终达到“高产、优质、高效”农业的持续稳定发展。

表 4 怀来县高效土地节水量分析

种类	种植面积	原灌水定额	限水灌溉定额	节约水量
	/ hm <sup>2</sup>	/ ( m <sup>3</sup> · hm <sup>- 2</sup> )	/ ( m <sup>3</sup> · hm <sup>- 2</sup> )	/ 万 m <sup>3</sup>
水稻	2 000	9 400	6 000	680
玉米	7 000	1 800	1 200	420
大路蔬菜	3 000	4 500	3 500	300
大棚蔬菜	670	7 500	5 000	167. 5
葡萄	6 700	6 000	4 500	1 005
苹果	10 000	3 000	2 000	1 000
合计				3672. 5