

中国科学院“八五”重大基础项目专题

我国水、土及气候资源与 农林牧渔业持续发展潜力

陈百明 蒋世逵 著
丁光伟 林耀明

气象出版社

57.19
786

中国科学院“八五”重大基础项目专题

我国水、土及气候资源与 农林牧渔业持续发展潜力

陈百明 蒋世逵 著
丁光伟 林耀明

气象出版社

内 容 简 介

本书是反映中国科学院“八五”重大基础项目《我国主要类型生态系统结构、功能和提高生产力途径研究》的专题研究成果的专著。全书扼要分析了我国气候资源、水资源和土地资源的开发利用现状与潜力，在此基础上阐述了种植业生产（以小麦、水稻、玉米为主）、林业生产（以木材为主）、牧业生产（以草地畜牧业为主）和渔业生产（以淡水渔业为主）的持续发展潜力。

本书资料系统、全面，数据翔实、可靠，观点鲜明，可供从事资源、地理、农业、经济等学科的研究和教学人员参考。

我国水、土及气候资源与 农林牧渔业持续发展潜力

陈百明 蒋世遼 著
丁光伟 林耀明

责任编辑：潘根娣 终审：刘树泽 周诗健

封面设计：陈百明 责任技编：林耀明 责任校对：李 新

气象出版社出版发行

（北京海淀区白石桥路46号 100081）

北京科地亚印刷厂印刷

* * *

开本：850×1168 1/32 印张：6 字数：160千字

1996年12月第1版 1996年12月第1次印刷

印数：1—500册

ISBN 7-5029-2245-8/P·6826

定价：8.00元

前 言

我国水、土及气候资源与农林牧渔业持续发展潜力是中国科学院“八五”重大基础项目《我国主要类型生态系统结构、功能和提高生产力途径研究》的第6课题“我国农林牧渔业持续发展综合研究及若干生态过程、人类生产活动影响联网研究”下属的专题之一。主要任务是预测水、土及气候资源在未来的利用潜力与强度，以土地适宜性为基础分析土地资源、水资源与气候资源的匹配关系，根据资源组合方式，提出土地资源的合理开发利用方向和基本格局；应用本课题及其他有关部门的资料计算主要农作物、林木、牧草、淡水鱼类的生产潜力，从而探讨水、土及气候资源开发利用与农林牧渔业持续发展潜力。

根据上述要求，专题研究工作从制定研究方案和技术路线入手，系统收集了本项目及其他有关部门的观测试验数据、统计资料和农业资源调查成果进行汇总分析整理，并开展了生产潜力计算与水、土地、气候资源之间的匹配分析。最终撰写了七方面的研究报告。本书是在上述研究报告的基础上编辑而成的研究专著，扼要地分析了我国气候资源、水资源和土地资源的开发利用现状与潜力，阐述了种植业生产（以小麦、水稻、玉米为主）、林业生产（以木材为主）、牧业生产（以草地畜牧业为主）和渔业生产（以淡水渔业为主）的持续发展潜力，集中反映了专题的主要研究成果。

本书的执笔人员是：提要陈百明；第一章蒋世逵；第二章陈百明；第三章陈百明；第四章丁光伟、林耀明；第五章陈百明；第六章丁光伟；第七章蒋世逵；第八章陈百明。丁贤忠参加了部分工作，全书由陈百明修改、统稿和定稿。

AS 654 / 07 - 00734

在整个研究工作中，曾得到中国科学院自然资源综合考察委员会副主任孙九林研究员和项目暨课题负责人，中国科学院沈阳应用生态研究所沈善敏研究员的指导和帮助，在此表示衷心的感谢。

陈百明

1996 年 6 月

提 要

根据研究,认为我国水土资源开发利用潜力不容乐观,表现在可利用水资源量难以满足需求,在很长时期内中国的水簿是一本“赤字”水簿。土地资源中主体部分的耕地资源由于经济建设占用等原因,数量将持续下降,以致于必须设置警戒线予以保证必要的面积;林地资源开发利用有较大潜力,但需要长期不懈的努力;草地资源由于本底质量较差,在开发利用中必须与治理保护相结合。气候资源潜力的发挥取决于水土资源的匹配,而我国气候资源潜力大的地区大多水资源匮乏,土地资源数量虽大但质量较差,所以制约了气候资源的开发利用潜力。在严峻的水、土及气候资源状况下,我国农林牧渔业的持续发展受到相当程度的制约。农林牧渔业持续发展必须把水、土及气候资源的开发利用技术、政策与考虑社会效益和环境的活动结合在一起;必须同时满足:(1) 保持和提高生产能力(生产性);(2) 降低生产风险(安全性);(3) 保持资源质量,防止资源退化(保护性);(4) 经济上可行(可行性);(5) 社会上可以接受(可接受性)。

由上述分析得出的农林牧渔业持续发展潜力的结论包括:

1. 耕地资源数量是保证必要数量农产品的物质基础,为维持基本需求,必须设置警戒线,尽可能保持 15 亿亩^① 以上的耕地(实际面积),16 亿亩以上的粮食播种面积,以此作为耕地面积数字。通过全国 638 个气象站的资料和调查观测的生产力测算参数,分别计算了不同地点的单位面积生产潜力,并以上述耕地数量及优化利用格

① 1 亩=666.6 平方米(下同)。

局得出的各地的主要粮食作物播种面积，汇总得出全国的主要粮食作物（小麦、玉米、水稻）的生产潜力约为 6.89 亿吨左右，这可以认为是我国主要粮食作物在可预见的未来所能达到的持续发展潜力。从发展动力分析，生物高技术的进步及其在农业生产中的广泛应用是提高土地生产能力，发展我国农业生产最重要也是潜力最大的动力；其次是合理开发利用和优化配置资源，通过常规技术改变、消除或缓解农业生产中的各类限制性因素。

2. 我国林地资源质量中等偏上，近年来森林总蓄积量有所增加，但由于成过熟林比重低，木材生产能力停滞不前，大致维持在 1 亿立方米左右，不能满足国民经济和人民生活对木材的需求。由于林地资源承担着经济需求和生态需求的双重任务，林地资源的优化配置必须满足生态需求，在此基础上测算用材林面积可达到 16~17 亿亩，可作为林业持续发展基础上的用材林地发展潜力，其木材生产能力约为 2.32 亿立方米。

3. 我国草场数量有所减少，但质量可望得以改善，主要表现在改良草地，半人工和人工草地的比重将增大。据分析测算，全国能够较稳定保持的天然草场面积约为 49.65 亿亩，其中改良草地约 10 亿亩；年产鲜草量可达到 21.54 亿吨，理论载畜量为 11.8 亿只羊单位。在我国北方地区可发展人工草地 3 亿亩左右，南方地区可开发 4 亿亩左右的草山草场，理论产草量合计可达约 11 亿吨，理论载畜量约 6 亿只羊单位。即全国总计年产鲜草量 32.54 亿吨，载畜量 17.8 亿只羊单位。

4. 我国内陆水域总面积约 2.62 亿亩，可养殖面积 1.01 亿亩，已养殖面积 0.62 亿亩，约占可养殖面积的 62%，1994 年淡水养殖产量 785 万吨。今后可增加养殖水面近 0.4 亿亩，另有 1 亿亩稻田可发展养鱼。根据分类分地区计算汇总，全国淡水养殖产量可稳定达到 1600 吨左右。

目 录

前言

提要

第一章 气候资源开发利用与潜力	(1)
第一节 气候资源概况.....	(1)
第二节 气候资源开发利用与农业生产.....	(3)
第三节 气候资源开发利用潜力估算	(22)
第二章 水资源开发利用与潜力	(28)
第一节 水资源开发利用现状	(28)
第二节 水资源供需分析	(33)
第三节 水资源持续利用的对策与措施	(38)
第三章 土地资源开发利用与潜力	(42)
第一节 土地资源概况	(42)
第二节 土地资源开发利用	(46)
第三节 土地资源开发潜力分析	(49)
第四章 农业生产持续发展潜力	(58)
第一节 农业生产发展现状	(58)
第二节 农业生产持续发展潜力	(63)
第三节 实现粮食生产持续增长的主要对策	(70)
第五章 林业生产持续发展潜力	(72)
第一节 森林的主要类型与分布	(72)
第二节 林业资源开发利用现状及存在问题	(73)
第三节 林业生产持续发展潜力	(75)
第四节 实现林业持续发展潜力的对策	(78)

第六章 牧业生产持续发展潜力	(82)
第一节 草地资源及其特点	(82)
第二节 草地生产能力及草地畜牧业发展潜力	(86)
第三节 实现草地畜牧业持续发展潜力的对策	(92)
第七章 渔业生产持续发展潜力	(95)
第一节 内陆淡水渔业资源开发利用现状	(95)
第二节 光热水条件与渔业发展潜力的关系	(96)
第三节 内陆淡水渔业潜力	(98)
第八章 区域概述	(109)
第一节 东北区	(109)
第二节 内蒙古及长城沿线区	(117)
第三节 黄淮海区	(124)
第四节 黄土高原区	(133)
第五节 长江中下游区	(140)
第六节 西南区	(147)
第七节 华南区	(156)
第八节 甘新区	(163)
第九节 青藏区	(171)
主要参考文献	(179)

第一章 气候资源开发利用与潜力

第一节 气候资源概况

我国气候资源丰富、类型多样，从南到北，从东到西气候资源的水平差异大，从低海拔到高海拔气候资源垂直差异悬殊，丰富多样的气候资源蕴藏着巨大的农业生产潜力，为我国农林牧渔业的综合发展提供了物质基础。但同时，由于我国季风气候明显，大陆性强烈，气候资源的季节变化和年际变化大，光热水资源在时间上和地域上匹配不尽合理，农业气象灾害频繁，影响了气候资源的利用效率，需要采取一系列工程措施、生物工程措施和农业技术措施，才能使气候资源得到尽可能充分合理的利用。

一、光能资源

我国年太阳总辐射量变化在 $3300 \sim 8300$ 兆焦耳/米² 之间， 6000 兆焦耳/米² 等值线从内蒙古自治区东部斜向西南至青藏高原东侧，将全国分为东低、西高两大部分，西半部年值在 $6000 \sim 8300$ 兆焦耳/米² 之间，呈南高北低形势，青藏高原年值在 7000 兆焦耳/米² 以上，是我国年太阳总辐射的高值中心；东半部年值在 $3300 \sim 6000$ 兆焦耳/米² 之间，川黔等地为低值中心，年值小于 4000 兆焦耳/米²。在太阳总辐射中能为绿色植物利用的部分称光合有效辐射，一般认为光合有效辐射约占总辐射的 49% ，我国光合有效辐射的分布趋势大致与太阳总辐射分布趋势一致。我国作物生长旺盛季节 $5 \sim 8$ 月太阳总辐射量约占全年的 $40\% \sim 50\%$ ，此时也是我国水热资源丰

富的季节，为我国农业高产创造了条件。

二、热量资源

我国大多数地区 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温变化在 $2000\sim 7500^{\circ}\text{C}$ 之间，只有很少地区 $>7500^{\circ}\text{C}$ 和 $<500^{\circ}\text{C}$ 。我国南部和东南地区 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温呈纬向分布，最南的南沙群岛 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温在 10000°C 以上。随纬度升高， $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温依次递减，纬度最北的漠河、额尔古纳左旗一带， $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 2000°C 左右；我国西部受地形影响，改变了热量随纬向分布的特性，大部分地区在 $1500\sim 4500^{\circ}\text{C}$ 以上；青藏高原地势高亢，高原南缘河谷 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温可达 3500°C 以上，高原最北的羌塘高原由于海拔和纬度的叠加作用， $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温在 500°C 以下，为全国最低区。

三、水分资源

我国年降水量分布趋势大致自东南向西北递减。900毫米年降水量等值线（相当于年湿润度1.0——年降水量与年可能蒸散量之比的等值线）相当于半湿润与湿润地区的分界线，此线通过淮河，秦岭至横断山以东。此线以南以东地区是以水田为主的水田农作区，山地丘陵为我国的主要林区。该地区国土总面积240万平方公里，占我国国土总面积的25%。

年降水量900毫米以北至400毫米等值线，年湿润度 $1.0\sim 0.67$ ，为半湿润地带，农作物常受季节性干旱影响，为我国主要旱地农业区，自然景观为森林草原，面积269万平方公里，占我国国土面积的28%。

250~400毫米区域年湿润度 $0.29\sim 0.67$ ，如内蒙古东部，属半干旱的半农半牧区， <300 毫米区域没有灌溉就没有农业。自然景观为草原或荒漠草原，总面积约173万平方公里，占我国国土面积的18%。

年降水量少于250毫米（相当于湿润度 <0.29 ）为干旱区，包括内蒙古西部地区 and 我国西北地区，但山地降水量可以在250毫米

以上，形成“湿岛”。自然景观为荒漠，河谷盆地有绿洲农业，山地为牧区，总面积约 278 万平方公里，约占我国国土总面积的 29%。

四、光热水资源组合与农业气候区域形成

由于光热水资源的不同组合，在我国形成三个农业气候大区，即：东部季风农业气候大区，西北干旱农业气候大区，青藏高寒农业气候大区。各大区又分成若干个农业气候带和农业气候区。

东部季风湿润半湿润农业气候大区，占我国国土总面积的 46.2%，从北到南又分为：北温带、中温带、南温带；北亚热带、中亚热带、南亚热带和藏南亚热带；北热带、中热带和南热带。

西北干旱农业气候大区，占国土总面积的 28.2%，下又分干旱中温带，干旱南温带。

青藏高寒农业气候大区，占国土面积的 25.6%，以下又分高原寒带、高原亚寒带、高原温带。

上述各农业气候带内由于受地形因子的影响，光热水资源随着海拔高度的变化而变化，又形成若干个以基带为基础的垂直农业气候带，从而影响农业的立体布局。

第二节 气候资源开发利用与农业生产

一、气候资源与农业布局

在上述我国三大农业气候区的基础上，基本上确立了我国三大农业区的基本特征和发展的基本格局。

1. 东部季风农业气候大区

光热水资源丰富，匹配基本合理，季风气候显著，雨热同季时间长，有季节性旱涝，气候生产力高，适于农林牧渔业综合发展。在此大区内的半湿润区，有一个向半干旱、干旱区过渡的狭长地带，年降水量为 400~550 毫米，为我国农牧过渡区，作物一年一熟，干旱

大风时有发生，灾害较多，开荒易引起沙漠化，极需加强农田基础设施建设，为我国“三北”防林建设的主要地区，在暖温带半湿润区内，光热资源丰富，但因缺水使作物高产受到一定影响，对深根性的果树却非常适宜，这里不失为我国温带果树的优质高产区。

2. 西北干旱农业气候大区

干旱突出，水分严重不足限制了丰富的光热资源的利用，作物气候生产潜力不高，以牧业为主，为我国草地畜牧业的主要地区，其草原面积和质量大体可与美国西部草原不相上下，但由于牲畜超载严重，投入太低，草地地下水资源未得到很好开发，基础设施差，使我国草地畜牧业潜力难以发挥。种植业为灌溉农业，一般认为400毫米等降水量线是温带半湿润半干旱地区旱作农业和营造乔木林的基本水分条件，在这里暖温带地区光热资源丰富，只要解决水的问题，不失为我国农业高产区。

3. 青藏高原农业气候大区

光能资源丰富而水热资源不足，以牧业为主，牧草产量不高但品质好；河谷盆地是以喜凉作物为主的种植业，是我国喜凉作物一季高产区，应充分利用光能资源发展设施农业和节水农业。

二、气候资源开发与种植业生产

1. 充分利用气候资源，提高复种指数

(1) 我国是一个种植业发达的国家，多熟种植有悠久的历史 and 优良传统。全国复种指数从1952年的130.9%，提高到1990年的155.1%，38年来提高24.2个百分点，在全国耕地逐年下降的情况下，由于复种指数的增加，使得我国播种面积反而较1952年增加1亿亩。从当前看提高复种指数仍有较大潜力。我国适宜复种的面积比较广，从暖温带带到热带边缘占全国耕地面积65%的土地均可实行复种。据1987年统计资料，我国一熟区耕地为4.95亿亩，两熟区为5.85亿亩，三熟区3.45亿亩，如果全部实行复种，全国播种面积应为27亿亩，平均复种指数可达190%。1988年全国实际播种面

积 21.75 亿亩，平均复种指数 151.2%，与理论值相比，可增加播种面积 5.25 亿亩。建国后 40 年开荒面积也仅 4.05 亿亩。按可能实现的复种指数计算，一熟区为 100%，两熟区为 170%，三熟区为 240%，全年播种面积可达 23.25 亿亩，平均复种指数可达 160%。

(2) 南方农田冬季气候资源开发

我国南方 13 省市区各作物生长期间 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 以上的地区如苏北、皖北可种喜凉作物，如油菜、小麦、大麦等；1 月平均气温在 $12\sim 13^{\circ}\text{C}$ 的华南一带可种喜温作物，如甘薯、玉米、花生、大豆等；1 月平均气温在 15°C 以上的地区可种热带作物，为我国冬季优良的自然温室，可种多种蔬菜和瓜果。通过冬季农业开发，可建立我国冬季粮食饲料基地、油菜基地、冬菜瓜果基地和甘蔗基地等。

(3) 发展再生稻

我国双季稻气候资源不足，种一季有余的中稻地区可发展再生稻。中稻播种到再生稻成熟，早熟种需 190 天左右， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 4200 $^{\circ}\text{C}$ 左右；中熟种 200 天， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 4800 $^{\circ}\text{C}$ 左右，具备这种条件保证率达 80% 的地区，可以发展再生稻。近年来，利用杂交稻具有特强的分蘖和腋芽萌发的再生能力，已在全国 10 多个省区发展再生稻生产。

2. 扩大耕地，改良低产田，挖掘耕地生产潜力

我国耕地约 20 亿亩(统计数字约为 14 亿亩)，而人口逐年增加，耕地逐年减少。刘巽浩教授指出，一公顷耕地年生物量相当于 300 公顷草地和 90 公顷森林的生产力，耕地是我国土地资源的精华。占全国土地面积 14% 的耕地生产着全国粮、棉、油、糖的全部和 90% 以上的肉、蛋、奶，耕地承受着巨大压力，但我国耕地仍有很大潜力可挖，约有 2 亿亩宜农荒地可开垦成耕地，还有 2/3 的耕地为中低产耕地，光热水资源还未得到充分合理利用。从目前看，我国气候资源比较丰富且匹配比较好的，而宜农荒地和低中产田面积比较集中连片的地区有我国东北地区，黄淮海地区和长江中下游地区。东北地区可种一季，黄淮海地区可种两季，长江中下游地区可种三季。

3. 提高光能利用率

(1) 在农业生产中选育推广应用高光效作物和高光效品种是增加产量的重要措施。 C_4 作物，如玉米、高粱、谷子和甘蔗在强光温地带光效较高，产量相对较高。玉米是高产作物，我国目前面积稳定在 3 亿亩以上，平均亩产超过 300 公斤，大面积样板田达 600~700 公斤，春玉米和夏玉米高产纪录均超过吨粮。到 2000 年我国粮食总产达 5000 亿公斤，其中 1/3 的粮食用于饲料。而在饲料粮中玉米要占到 2/3 以上 (1000 亿公斤)，因此我国北方必须稳定玉米面积，在南方则需适当扩大玉米种植面积。在双季稻地区，第二季水利条件不是很好的地方应实行水稻——玉米的复种方式，这在南方已取得经验，并且是实现吨粮的重要措施。据统计我国每年秸秆产量 7~8 亿吨，其中玉米秸秆 2.2 亿吨，每 4~5 吨氮化或青贮秸秆相当于一吨饲料粮，2.2 亿吨玉米秸秆则相当于 440~550 亿公斤饲料粮。即种 3.3 亿亩玉米除获得 1000 亿公斤籽粒外，还可获得相当于 440~550 亿公斤饲料粮的秸秆，这对于我国发展畜牧业生产有着十分重要的作用。甘蔗也是光能利用率高的 C_4 作物。而且甘蔗能占到全年的生长季，对充分利用气候资源十分有利。此外，同一作物不同品种光能利率也不同，如杂交水稻株型紧凑，叶片直立，叶色浓绿，光能利用率较高，一般亩产要比常规稻高 10%；将来在实现亚种间杂交的情况下，杂交稻将可能在现在基础上再提高 20% 的产量。

(2) 在作物生长季节内尽可能维持较大的叶面积，也是提光能利用率的重要措施。因此，合理密植，采用套作或移栽方式，尽可能避免作物在生长前期和后期叶面积指数很小，并减小作物在茬口衔接时段光热水资源的浪费现象。此外，在作物旺盛生长期安排在光热水资源最丰富的时段，如南方双季稻栽培尽量将两季向中间靠拢，以利用 7 月份丰富的光能资源。华北地区灌溉地小麦旺盛生长期和灌浆成熟期，使之处在全年高光期的 5、6 月内，也是提高光能利用率的实例。

4. 发展节水农业和旱作农业

(1) 充分利用天然降水资源

我国是一个水资源贫乏的国家之一，我国灌溉面积占世界的21%，水资源只占世界的5.5%，但大量的水资源又白白浪费掉。目前全国天然降水利用率仅有10%，其余大部分白白流失，不仅浪费了大量水资源，还导致水涝灾害发生，生态环境破坏，土地生产率下降。我国是一个农业大国，农业灌溉用水量占总用水量的84%，是国民经济中最主要的用水部门。目前农业灌溉面积7.4亿亩，要求2000年达到8.0亿亩，要花很大力气才能实现这个目标。因此，兴修水利，植树造林种草，保持水土，采取一切工程措施和生物措施将雨季的天然降水尽可能多地蓄积起来，提高天然降水资源的利用率，这对我国农业发展有十分重要的意义。

(2) 发展旱作农业

旱作农业亦称“雨养农业”，占世界耕地80%的旱作农业生产出占世界2/3的农产品。我国旱作农区国土面积约占全国国土总面积的52.5%，耕地面积5.7亿亩，占全国耕地的38%。在旱作区通过植树造林种草，结合小流域治理修建各种拦蓄水工程，将坡地改为梯田，削山填沟造平原，并在耕地通过秸秆还田增施有机肥，将低产的“三跑田”（跑肥、跑水、跑土）改造成高产稳产的“三保田”（保水、保土、保肥），是利用降水资源发展旱作农业的重要措施。

山西省年平均降水量500~600毫米，降水集中于6、7、8月，采用旱作农业技术措施保住这些降水，1毫米降水能产1.8公斤玉米、1公斤谷子和1公斤小麦，即小麦可达亩产500公斤、玉米750公斤。山西省屯留县王公庄地处黄土高原，十年九旱，靠天等雨，1978年粮食亩产仅160公斤，在采取旱作农业技术措施之后，1993年全村平均亩产540公斤，比1978年提高380公斤。壶关县晋庄村，多年来全村400亩谷子平均亩产一直保持在400公斤左右，其中4亩超过500公斤。最高年亩产曾达587公斤。又如黄土高原腹地的山西柳县，年降水量仅480毫米，其中7、8、9三个月降水量占全年

70%，通过机械化推土造田，结合其它改造低产田措施，使原来亩产粮食 200~300 公斤，上升到当年的 400~500 公斤。试验研究表明，轻壤土中壤土体贮水可高达 680 毫米，是一座庞大的“土壤水库”，小麦根系完全可伸到地下 2 米吸收土壤水生长发育。根据这一事实，采用足墒播种，选用良种，集中施用磷肥等小麦高产节水技术措施，连续 5 年试验结果亩产在 400 公斤以上，并且不影响下茬玉米产量。而当前全国小麦平均亩产不到 300 公斤。

(3) 发展节水灌溉技术

我国灌溉面积占耕地的 48%，而获得粮食产量却占全国总产量的 70%。但灌溉用水浪费十分严重，灌溉水有效利用率仅 40%，井区灌溉利用率仅 45%，与发达国家相比一般低 20%~50%。根据国际灌溉委员会调查，没有防渗渠道，水损失多达 30%~40%，有的高达 50% 以上，而有防渗渠道，可使渠系利用系数提高 0.2~0.4；改进灌溉技术，一般减少水损失 20%~40%。研究推广新的节水灌溉技术，喷灌可节水 30%~50%，增产 20%~30%；微灌技术（包括滴灌、雾灌）节水 50%~60%，增产 30%~50%。近年来，世界喷灌面积达 2000 万公顷，微灌面积达 176.9 万公顷，其中美国、西欧一些国家发展较快，以色列全面推广滴灌技术，灌溉水利用率在 90% 以上，每立方灌溉水生产粮食 3.32 公斤。在我国推广节水灌溉技术已势在必行。

5. 实施保护地栽培，补偿热量资源不足

实施保护地栽培可大大延长作物生长季节和利用冬季气候资源，补偿热量资源不足，并可提高水分资源利用率。地膜覆盖能使 5~10 厘米地温增加 2~5℃，一般可使作物生育期的有效积温增加 200~300℃，在一定程度上弥补一些地区热量资源不足，可使作物适宜区北移 2~5 个纬度（200~500 公里），或海拔升高 500~1000 米，还使土壤耕作层相对含水量提高 2.77%~4.55%，每亩土壤蒸发量减少 100~150 立方米，相当于增加 150~225 毫米降水量（无径流），提早 5~20 天成熟，增产 30%~50%，产值增加 40%~50%，