

# 西北地区水资源承载力增进与可持续利用研究<sup>\*</sup>

孙兆敏<sup>1</sup>, 杨世琦<sup>1</sup>, 姚学慧<sup>2</sup>, 贾志宽<sup>1</sup>, 韩清芳<sup>1</sup>

(1 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100; 2 榆林学院, 陕西 榆林 719000)

**[摘 要]** 通过对西北地区水资源利用现状和承载能力, 以及影响水资源承载能力的主要因素的分析, 提出了西北地区农业可持续发展对策, 建议通过农田“蒸发水”开发技术、农田节水灌溉技术、现代信息技术以及海水淡化工程技术的运用, 构建农田节水技术体系, 优化农业经济结构, 探索草畜产业的开发和水资源贸易途径, 走现代集约持续农业发展道路, 发展生态经济农业, 提高西北地区水资源利用效率, 增进水资源的承载能力。

**[关键词]** 西北地区; 水资源; 承载力增进; 可持续利用

**[中图分类号]** F304.5

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2004)11-0089-06

西北地区地处我国内陆腹地, 是我国主要的农牧业区之一, 也是我国水资源严重缺乏的干旱和半干旱地区, 水资源短缺一直是制约该区农业发展的“瓶颈”。据统计<sup>[1]</sup>, 该区2001年总人口9 196万, 耕地面积308.26万km<sup>2</sup>, 约占全区总面积的32.2%。作为欠发达地区, 在今后相当长的时期内, 水资源承载能力增进与可持续利用仍是西北地区实现可持续发展的重点问题, 同时也是西部大开发的关键, 是西北地区经济起飞的基础。因此, 面对严峻的水资源缺乏和水土流失的压力, 实现水资源永续利用已成为西北地区农业和整个国民经济发展的首要问题。

## 1 西北地区水资源利用现状及承载力

### 1.1 水资源利用现状

西北地区水资源总量为2 235亿m<sup>3</sup>, 占全国的9.98%, 且时空分布严重不均<sup>[1, 2]</sup>。西北地区水资源的67.5%集中在新疆和青海, 其中地表水为2 140.89亿m<sup>3</sup>, 地下水为718.06亿m<sup>3</sup>, 二者重复量为624亿m<sup>3</sup><sup>[2]</sup>。据2001-06国家计委和水利部统计<sup>[3]</sup>, 西北地区可用于生态环境和国民经济发展的水资源约为1 071亿m<sup>3</sup>, 这一水资源可利用量并非供水量或可供水量, 而是水资源开发利用的极限数量。受开发难度、经济可行性、投资等因素限制, 实际开发量将小于上述可利用量。建国50年来, 西北地区人口增长近2倍, 农耕规模飞速发展, 耕地面积从581.71万hm<sup>2</sup>增加到1 817.2万hm<sup>2</sup>, 增加了3倍多; 灌溉面积从204万hm<sup>2</sup>增加到751万hm<sup>2</sup>, 增加

了581.71万hm<sup>2</sup>; 用水量由301.2亿m<sup>3</sup>增加到836.8亿m<sup>3</sup>, 增加了近3倍<sup>[4]</sup>。农牧业生产是西北地区的用水大户, 年灌溉耗水量约581亿m<sup>3</sup><sup>[4]</sup>, 但有效性较差, 尤其是西北沿黄灌溉区水资源浪费严重(表1)<sup>[5]</sup>。调研表明, 水资源越是易于获取的地区, 大水漫灌越成为习惯, 节水激励越弱, 用水效率越低。总体上看, 西北地区人均用水量和万元GDP用水量大大高于下游的河南、山东。河南、山东两省的灌溉面积产出效率大大高于上游, 约为青海、宁夏、内蒙古3省区的2倍。西北地区农业用水量占全国总用水量的16%, 而农业附加值仅占全国的1%。可见, 提高农业用水效率已成为西北地区农业发展的当务之急。到目前为止, 西北地区农田大水漫灌现象仍未得到有效改善。

### 1.2 水资源承载能力分析

水资源承载力是指在某一具体的历史发展阶段, 以可预见的技术、经济和社会发展水平为依据, 以可持续发展为原则, 以维护生态环境良性发展为前提, 在水资源合理配置和高效利用条件下, 区域社会发展的最大人口容量<sup>[6]</sup>。从概念上分析, 影响水资源承载能力的主要因素包括水资源的数量、质量和开发利用程度, 生产力水平、社会消费水平和结构, 科学技术、人口和劳动力以及政策、法规等。但衡量水资源承载能力大小的主要依据是承载的人口数量和经济发展水平。西北地区生态环境由人工生态和天然生态组成, 天然生态环境包括低地草甸、荒漠植被、河岸林、山区生态和天然河湖等。根据西北地区

<sup>\*</sup> [收稿日期] 2003-10-15

[基金项目] 科技部成果转化项目(02EFN216901259); 农业部农业结构调整重大技术研究专项(2002-09-02A)

[作者简介] 孙兆敏(1969-), 男, 陕西西安人, 在读博士, 主要从事农业结构调整与草业产业化研究。E-mail: zm\_sun@tom.com

生态环境保护目标计算, 1997, 2010 和 2020 年生态环境用水量分别为 250, 266 和 271 亿 $\text{m}^3$ <sup>[7]</sup>。在考虑生态环境需水量之后, 按照目前西北地区水资源利用现状和人口增长速度, 可以预测 2010 和 2020 年西北地区各个区域可供人类生存和国民经济发展的水资源可利用量, 以及人口最大承载量和超载数量(表 2, 3)。从表 2, 3 可以看出, 西北地区除河西内陆河流域、青海柴达木盆地、青海湖区、新疆北疆和南疆人口比较稀少, 尚有人口承载潜力外, 人口密集的黄河流域超载已十分明显, 按照现在的人口增长速度, 到 2010 和 2020 年, 西北地区人口超载分别达 1 889 和 2 551 万, 人口超载的原因是流域水资源呈资源性短缺。因此, 在充分挖掘有限的节水潜力条件下, 大力开展退耕还林还草, 实施生态环境再造工程, 加强计划生育工作已成为保证水资源可持续利用、提高水资源承载能力的重要战略措施。

表 1 沿黄各省农业灌溉效率比较(1998 年)

Table 1 Comparison of flooding efficiency in provinces along Huanghe river (1998)

| 省 区<br>Province | 灌溉面积/万 $\text{hm}^2$<br>A rea of flooding | 灌溉面积占耕地<br>面积比例/%<br>Proportion to farming land | 农业产值/亿元<br>A gro-production<br>value | 灌溉效率系数<br>Moduli of flooding<br>eficiency |
|-----------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|
| 青海 Q inghai     | 18 74                                     | 31. 80                                          | 31. 40                               | 0. 50                                     |
| 甘肃 Gansu        | 96 39                                     | 27. 70                                          | 252 56                               | 0. 72                                     |
| 宁夏 N ingxia     | 38 71                                     | 48. 00                                          | 53 81                                | 0. 54                                     |
| 陕西 Shaanxi      | 130 25                                    | 38. 40                                          | 340 87                               | 0. 89                                     |
| 内蒙古 N eim enggu | 205 79                                    | 37. 70                                          | 335 32                               | 0. 55                                     |
| 山西 Shanxi       | 105 86                                    | 29. 30                                          | 249 46                               | 0. 66                                     |
| 河南 Henan        | 451 39                                    | 66 30                                           | 1 159 55                             | 1. 19                                     |
| 山东 Shandong     | 478 02                                    | 71. 40                                          | 1 219 85                             | 1. 23                                     |

表 2 西北地区水资源可利用量与承载能力预测

Table 2 Forecast of the quantum and carrying capacity of water resource  
sustainable utilization in Northwest China

| 区域 A reas                     | 水资源<br>可利用<br>总量/亿 $\text{m}^3$<br>Gross of<br>water<br>resource | 1997 年                                                                    |                                                                 |                                                     | 2010 年                                                                    |                                                                 |                                                     | 2020 年                                                                    |                                                                 |                                                     |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|                               |                                                                  | 经济<br>可利用量/<br>亿 $\text{m}^3$<br>Total<br>amount<br>used<br>econom ically | 人均<br>年耗水量/<br>$\text{m}^3$<br>Water<br>quantity<br>per cap ita | 承载人口<br>数量/万人<br>Total<br>population<br>of carrying | 经济<br>可利用量/<br>亿 $\text{m}^3$<br>Total<br>amount<br>used<br>econom ically | 人均<br>年耗水量/<br>$\text{m}^3$<br>Water<br>quantity<br>per cap ita | 承载人口<br>数量/万人<br>Total<br>population<br>of carrying | 经济<br>可利用量/<br>亿 $\text{m}^3$<br>Total<br>amount<br>used<br>econom ically | 人均<br>年耗水量/<br>$\text{m}^3$<br>Water<br>quantity<br>per cap ita | 承载人口<br>数量/万人<br>Total<br>population<br>of carrying |
| 西北地区<br>Northwest area        | 1 071                                                            | 820 89                                                                    | 1 034 6                                                         | 7 934                                               | 804 59                                                                    | 1 010 9                                                         | 7 959                                               | 799 57                                                                    | 1 008 8                                                         | 7 974                                               |
| 黄河流域<br>Huanghe valley        | 171 7                                                            | 161 73                                                                    | 350 9                                                           | 4 609                                               | 151 73                                                                    | 347 8                                                           | 4 362                                               | 146 73                                                                    | 347 8                                                           | 4 219                                               |
| 河西内陆河流域<br>Hexi inside valley | 70 7                                                             | 58 87                                                                     | 1 181 3                                                         | 498                                                 | 54 57                                                                     | 1 059 3                                                         | 515                                                 | 54 55                                                                     | 1 041 4                                                         | 524                                                 |
| 青海柴达木盆地<br>Caidam u pan       | 46 1                                                             | 26 00                                                                     | 1 457 5                                                         | 178                                                 | 26 00                                                                     | 1 443 1                                                         | 180                                                 | 26 00                                                                     | 1 424 0                                                         | 183                                                 |
| 青海湖区<br>Q inghai lake area    | 24 2                                                             | 24 17                                                                     | 1 550 0                                                         | 156                                                 | 24 17                                                                     | 1 214 7                                                         | 199                                                 | 24 17                                                                     | 990 9                                                           | 244                                                 |
| 新疆北疆<br>North of Xinjiang     | 297 9                                                            | 260 94                                                                    | 1 747 0                                                         | 1 494                                               | 258 94                                                                    | 1 703 9                                                         | 1 520                                               | 258 94                                                                    | 1 676 4                                                         | 1 545                                               |
| 新疆东疆<br>East of Xinjiang      | 25 3                                                             | 13 26                                                                     | 1 751 0                                                         | 76                                                  | 13 26                                                                     | 1 384 2                                                         | 96                                                  | 13 26                                                                     | 1 228 1                                                         | 108                                                 |
| 新疆南疆<br>South of Xinjiang     | 435                                                              | 275 92                                                                    | 2 989 8                                                         | 923                                                 | 275 92                                                                    | 2 538 1                                                         | 1 087                                               | 275 92                                                                    | 2 394 4                                                         | 1 152                                               |

表 3 各水平年西北地区人口超载数量

Table 3 The surcharge quantum of population in Northwest China

万人

| 区域 A reas                  | 1997 年                        |                                     | 2010 年                        |                                     | 2020 年                        |                                     |
|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
|                            | 现有人口<br>Present<br>population | 超载人数<br>Over carrying<br>population | 预计人口<br>Present<br>population | 超载人数<br>Over carrying<br>population | 预计人口<br>Present<br>population | 超载人数<br>Over carrying<br>population |
| 西北地区 Northwest             | 8 784                         | 850                                 | 9 848                         | 1 889                               | 10 525                        | 2 551                               |
| 黄河流域 Huanghe valley        | 5 533                         | 824                                 | 6 199                         | 1 837                               | 6 676                         | 2 457                               |
| 河西内陆河流域 Hexi inside valley | 456                           | - 42                                | 535                           | 20                                  | 579                           | 55                                  |
| 青海柴达木盆地 Caidam u pan       | 29                            | - 149                               | 37                            | - 143                               | 44                            | - 139                               |
| 青海湖区 Qinghai lake area     | 12                            | - 144                               | 15                            | - 184                               | 17                            | - 227                               |
| 新疆北疆 North of Xinjiang     | 794                           | - 700                               | 986                           | - 534                               | 1 177                         | - 368                               |
| 新疆东疆 East of Xinjiang      | 102                           | 26                                  | 128                           | 32                                  | 69                            | 39                                  |
| 新疆南疆 South of Xinjiang     | 811                           | - 112                               | 986                           | - 101                               | 1 127                         | - 25                                |

2 影响西北地区水资源承载能力的主要因素

西北地区是我国生态环境极其脆弱地区,除自然生态演替的因素外,人为因素已成为该地区生态环境急剧恶化、水资源承载能力下降的主要因素。一是环境污染治理力度不够,造成西北地区水质继续下降。水资源污染是影响可利用水资源总量的关键因素,一部分可利用水资源因受到污染而不得不退出农业用水和生活用水之范畴,从而减少了可利用水资源的数量,降低了水资源的承载能力。二是农业节水技术落后,水资源利用效率低。长期以来,由于农业节水技术推广缓慢,加之地方政府和技术部门监管不力,传统的农业大水漫灌未能从根本上改观,农田灌水效率十分低下,水资源浪费严重。三是居民生活用水大量增加,且浪费严重。西北地区是严重缺水地区,但是人们并未认识到水资源对西北地区今后发展的重要性,除了日常生活用水量不断加大外,公共生活区“细水长流”的现象随处可见,“桑拿”、“温泉洗澡”的娱乐设施不断增加,这些都加大了水资源的浪费,加剧了西北地区水资源短缺的局面。四是政府重视力度不足,行政与科学研究脱节,致使水资源的保护与利用缺乏技术支撑。就全国而言,目前尚无行之有效的水资源保护与持续利用的发展规划,尤其是对喷(微)灌节水技术缺乏相应的扶持政策或政策不明确。行政行为与科学研究脱节、政府决策缺乏前瞻性是造成生态环境继续恶化、水资源浪费的主要原因之一。五是退耕还林还草流于形式,水土流失未能从根本上得到治理。由于多数地方政府官员本身缺乏专业素质,对生态环境的再造、水资源的保护与可持续利用缺乏全面的理解,对退耕还林还草认识不够,宜草还是宜林未能从思想上得到解决,退耕还林还草操作不当,盲目性较大,致使“退耕

还林还草”工程流于形式,生态环境再造进展缓慢,土壤沙漠化、沙尘暴等生态报复行为仍在继续发展,水资源无效输出未能得到有效遏制。六是农业生产家庭联产承包责任制形式限制了水资源的有效利用与保护措施的实施。由于农业生产分散于千家万户,农民的组织化程度低,水资源管理难度增加,尤其是退耕还林还草工程难以协调组织农户实施,加之西北地区农民文化素质普遍较低、政府宣传不够等,使退耕还林还草工作未能达到预期效果,制约了生态环境恢复再造工作的进程。

3 西北地区水资源承载能力增进的技术途径与战略对策

3.1 水资源承载力增进的技术途径

(1) 开发农田“蒸发水”,构建集水型农业高效节水技术体系。集水型农业是指将人工降雨富集技术、农田“蒸发水”开发技术等直接用于农业生产活动的旱作农业高效节水农业。其关键是运用覆盖技术、沙田技术、免耕技术、地膜技术等,建立集流小区系统,实现天然无效降水部分有效化,减少地表水分蒸发,从而最大程度地提高降水生产潜力,是作物节水技术、抑制蒸腾技术、集水补灌技术体系的集成,主要内容包括节水技术体系、抑制蒸腾技术体系、集水补灌技术体系等。目前,西北农林科技大学干旱半干旱研究中心在宁夏海原县的集流节水技术已取得很好的效果。实践证明,发展集水型农业是西北干旱半干旱地区旱作农业的必然途径,开发和利用农田“蒸发水”是缓解水资源短缺和增进水资源承载能力的新举措。

(2) 发展农业节水灌溉技术,构建灌溉型农业高效节水技术体系。节水灌溉农业的根本在于构建高效节水技术体系,即根据西北地区不同区域的水资源特点、自然地理特征以及人文背景,以提高灌溉水

使用效率, 增进水资源生产潜力为中心, 运用现代多种农业节水技术(如渠系与田间工程的配套, 喷微灌等节水技术的应用以及水肥耦合技术、抗旱作物栽培技术等), 实现节水灌溉技术、节水栽培技术、灌溉管理技术体系集成。其主要内容包括: 制定完善的节水管理制度, 应用 3S 数字农业技术提高水资源检测、调控和定时定量供水技术能力, 实现灌溉时间空间聚集, 增进地面灌溉效率。利用植物转基因工程技术选育抗旱植物品种, 同时推广覆盖种植、少耕免耕、抗旱剂、保水剂以及种子包衣等农业节水技术, 增进水资源增产潜力和利用效率。制定节水灌溉宏观管理和微观调控政策, 推行成本核算, 实行量化动态配水管理。

(3) 利用现代信息技术, 构建水资源综合管理技术信息体系。水资源综合管理是一项庞大的系统工程, 而信息技术的高速发展为水资源的综合管理提供了技术支撑。其具体内容包括: 水资源的实时监控系统。即通过先进的遥测遥控设备, 实时采集水质、水情以及重点水利工程图像信息, 再通过网络传送到各个控制中心, 达到实施监控和水资源的统一调配。信息网络系统。是整个水资源监控与资源共享的“高速公路”, 是水资源综合管理信息技术体系的中间环节。决策支持系统。是整个管理体系的指挥中枢, 包括信息采集与整理、专家意见收集与论证、水建工程信息、灾情报告以及政策法规、水资源调配建议、水资源总体评价等, 并可将资源分析和决策结果实时动态输出到各级监控中心, 监督实施。

(4) 生活用水与卫生用水分离, 构建卫生用水与污水处理系统耦合技术体系。利用先进的废水处理技术和设备, 通过建立与生活用水分设的供水输水管道系统, 实现卫生用水与生活用水分离, 节约水资源, 提高水资源利用效率。

(5) 采用科技创新, 转移水资源开发对象, 实施盐水淡化工程。盐水淡化工程在中东地区和欧美已经取得很好的应用成果, 例如至 1989 年底, 沙特阿拉伯已拥有海水淡化装置 1 417 套, 淡化水量达  $35.7 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ , 在美国海水淡化水量也达到  $15.9 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ <sup>[8]</sup>。虽然现在盐水淡化成本过高, 但是随着能源利用手段的发展和高新技术的应用, 如太阳能、受控热核能以及纳米透析膜的实际应用, 将使人工盐水淡化成本大幅度降低, 为水资源短缺地区带来新的希望。

### 3.2 水资源承载力增进的战略对策

(1) 优化和调整农业产业结构, 发展以苜蓿草产

业为龙头的西北地区特色农业。西北地区年平均降雨量小于  $300 \text{ mm}$ <sup>[9]</sup>, 从科学规律看, 在年降雨量  $400 \text{ mm}$  以下的地区是不宜造林的。从西部生态条件看, 造林很难成活或成林, 但却有种草的适宜条件。以苜蓿为例, 苜蓿属豆科多年生草本植物, 大多数苜蓿品种在气温  $0 \sim 55$ , 降雨量  $200 \sim 600 \text{ mm}$  条件下都能正常生长<sup>[10]</sup>。多年来, 以种植苜蓿为主的草产业的发展, 创造了巨大的生态效益和经济效益。苜蓿以其较强的生态适应性, 已成为西北地区农业产业结构调整的桥梁。发展草产业, 实施草粮间作、种草养畜战略, 不仅有显著提高土壤肥力、保持水土、涵养水分、改良土壤、减少土壤沙化、阻挡沙尘暴发生等生态功能, 而且克服了退耕还林还草单纯生态效益的问题, 实现生态效益与经济效益的兼顾, 真正实现“藏粮于草”、以草促牧、以牧兴农的西北特色农业发展模式。以宁南旱作农业试验区为例, 该试验区地处宁夏回族自治区海原县贾塘乡, 总人口 1.84 万人, 耕地面积  $9\,081 \text{ hm}^2$ , 全部为旱作农业, 其中, 退耕草地  $1\,791 \text{ hm}^2$ , 年平均降雨量  $200 \sim 300 \text{ mm}$ , 从该区 2002 年农田种植苜蓿和粮食作物降水转化效益(表 4)看, 种植紫花苜蓿的经济收入较当地主栽作物小麦高出  $1\,467.6 \text{ 元}/\text{hm}^2$ , 增效幅度达 55% 以上, 较马铃薯增效 14.2%, 较胡麻增效 28.4%, 较谷子增效 27.7%。苜蓿与粮食作物耗水波幅不悬殊, 但苜蓿的水分生产效率高出小麦近 4 倍, 高出胡麻近 6 倍。由此说明, 在宁南干旱区同等降水条件下, 种植紫花苜蓿的水分转化效率和经济效益都高于当地种植粮食作物。因此, 在西北旱区以发展苜蓿为主导的草产业, 可以有效提高农民收入, 明显增进降水生产潜力, 从而增进水资源的承载能力。

(2) 控制人口增长, 缓解水资源危机。西北地区是我国少数民族聚集区, 计划生育工作比较落后, 出生率居高不下。如在宁夏回族自治区农村, 一对夫妇生育 8 个以上子女的家庭并不少见, 多数都在 5 个以上, 这样的生育率很难与当地的生态资源条件相适应, 已经严重超出了当地资源的承载能力, 尤其是水资源的承载能力。按照西部水资源承载能力的分析, 预计到 2010 年西北地区水资源承载的人口将超载 1 889 万人。因此, 加强西北地区人口出生率的控制是关系到西北各省国计民生的大事, 也是西北各省全面建设小康的关键。

(3) 走现代集约持续农业发展道路, 探索西北地区节水效益农业的新路子。现代集约持续农业是可

持续发展理论在农业发展中的应用, 是以现代工业和科学技术为基础, 充分利用中国传统农业的技术精华, 实现持续增长的生产率、持续提高的土壤肥力、持续协调的生态环境以及持续利用保护的农业自然资源, 以实现高产、优质、高效、低耗为目的, 逐步建立起一个采用现代科学技术、现代工业装备和现代经营管理方式的农业产业化综合体系。现代集约持续农业以资源的可持续性利用和良好的生态环境为基础, 综合了传统农业和现代集约化农业的优点, 目的是逐步建设一个资源节约型、经营集约化、生产商品化的现代农业, 实现人口、经济、社会、资源和环境的全面协调, 是可持续发展理论在农业生产活动中的运用和实践。按照西北地区农业资源状况, 根据现代集约持续农业发展理论要求, 可以在西北地区形成具有西部特色的土地密集型、劳动力密集型和技术密集型的现代农业集约持续发展模式。如: 可以充分利用黄土高原耕地面积大、土层深厚、水资源短缺的特点, 发展土地和技术密集型的苜蓿草产业, 并以草带牧, 促进圈养畜牧业的发展; 根据杂粮杂豆的适应性、抗旱性强和品种资源多样性的特点, 建设黄土高原丘陵沟壑区绿色保健农产品生产基地, 发展具有地方特色和民族特点的农产品加工业。

(4) 开展水资源贸易, 提高水资源的承载能力。市场是资源配置的重要手段, 通过一定的农产品贸易方式, 向国内、国际水资源丰富地区换取水资源, 减少当地农产品生产对水资源的消耗, 是解决水资

源的重要方略之一。对于国内市场, 主要包括两个方面: 拉动经济杠杆, 建立节水型经济激励机制, 包括补偿奖励机制。国家根据节水的实际情况, 制定惩罚与奖励制度, 量化节水考核指标, 给节水单位适当的补偿奖励, 同时对节水指标完成不好的单位予以惩罚; 建立水权交换机制, 实现水资源的有效分配。

建立科学的水价体系。科学的水价体系是水资源经济良性循环的重要保证, 也是水资源合理利用的调节器。以水价改革为突破口, 制定节约用水指标内和超出指标外两种水价级别, 并按照供求关系, 实行动态水价和超计划累积加价制度, 确保水资源的永续有效利用。对于国际市场, 主要开展以增加出口低耗水量产品, 进口大耗水量产品, 以达到水资源国际贸易的目的。西北地区拥有这方面贸易的有利条件, 如利用西北地区耐旱作物——小杂粮的生产优势, 开展优质保健食品出口贸易, 换取高耗水量的粮食进口, 从而解决西北地区因缺水粮食生产能力低的问题, 从而实现水资源贸易, 达到水资源高效利用目的。从全球看, 我国粮食生产并不具备优势, 而且粮食生产是水资源耗用大户, 完全可以在不威胁国家粮食安全的情况下, 通过进口高耗水量的粮食, 适度减少我国粮食生产面积, 扩大退耕还林还草尤其是还草面积, 改善土壤水资源环境, 节约农业水资源消耗, 一方面实施耕地战略储备, 另一方面将结余的水资源“农转非”, 实现高效利用, 创造更高的经济价值, 从而增进水资源的承载能力。

表 4 2002 年旱作农田种植紫花苜蓿与粮食作物效益的比较

Table 4 The contrast of the benefit between planted A lfalfa and Cereals in dryland, 2002

| 作物<br>Crops               | 年产量/<br>(kg · hm <sup>-2</sup> )<br>Output<br>year | 耗水量/mm<br>Quantity<br>of water<br>consumption | 水分生产效率/<br>(kg · mm <sup>-1</sup> )<br>Product<br>efficiency<br>of water | 水分转化产值/<br>(元 · mm <sup>-1</sup> )<br>Transform<br>product<br>of water | 产值/<br>(元 · hm <sup>-2</sup> )<br>Production<br>value |
|---------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 小麦(籽粒) W heat (seed)      | 1 848.3                                            | 7 660.5                                       | 0.241                                                                    | 0.35                                                                   | 2 668.5                                               |
| 胡麻(籽粒) Benne (seed)       | 987.1                                              | 6 560.6                                       | 0.150                                                                    | 0.37                                                                   | 3 220.5                                               |
| 谷子(籽粒) M illet (seed)     | 3 031.5                                            | 8 403.0                                       | 0.361                                                                    | 0.39                                                                   | 3 238.5                                               |
| 马铃薯(块根) Potato (earthnut) | 4 245.0                                            | 7 745.3                                       | 0.548                                                                    | 0.47                                                                   | 3 622.0                                               |
| 苜蓿(干草) Clover (stover)    | 6 894.5                                            | 7 911.5                                       | 0.871                                                                    | 0.49                                                                   | 4 136.1                                               |

注: 1. 小麦价格平均按 1.0 元/kg 计算, 胡麻 2.6 元/kg, 谷子 0.8 元/kg, 马铃薯 0.5 元/kg, 苜蓿干草 0.6 元/kg, 作物茎秆 0.16 元/kg; 2. 产值为总产值, 未扣除成本。

Note: 1. The price of wheat is 1.0 yuan/kg, Benne is 2.6 yuan/kg, M illet is 0.8 yuan/kg, Clover stover is 0.6 yuan/kg, Potato is 0.5 yuan/kg, Culm and Stalk are 0.16 yuan/kg; 2. Production value is gross product with cost

4 结 语

西北地区是我国生态环境比较恶劣的地区, 大部分地区属于干旱半干旱或易旱区, 水资源短缺严

重制约了农业和经济的发展。因此, 依靠科技进步, 探索和实现水资源的有效利用, 提高水资源利用效率, 增进水资源的生产潜力, 是实现西北地区农业可持续发展的前提。实践证明, 通过有效的节水措施,

建立以草地农业为主体的生态经济农业结构体系, 完善水资源的使用制度与监控体系, 是增进水资源承载能力, 实现西北地区水资源高效持续利用的重要途径。

### [参考文献]

- [1] 中国科学院可持续发展研究组 2002 年中国可持续发展能力报告[R]. 北京: 中国科学院, 2002
- [2] 孙成权, 冯 筠 中国西北地区资源与环境研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2001
- [3] 中国统计年鉴编委会 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2003
- [4] 惠泱河, 薛小杰, 黄 强 西北地区面临的水资源问题与对策研究[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2002, (1): 81- 82
- [5] 狄美良 西北地区水资源可持续利用的探索[J]. 节水灌溉, 2002, (3): 40- 41
- [6] 程国栋 承载力的概念及西北地区水资源承载力的应用框架[J]. 冰川冻土, 2002, (4): 363
- [7] 王 煜, 杨立彬, 张新海, 等 西北地区水资源可利用量及承载能力分析[J]. 人民黄河, 2002, (6): 11- 12
- [8] Wangnick K. DA Worldwide Desalting Plant Inventory. Report No. 11[R]. Gnarrenburg, Gemany, 1990
- [9] 梅其君, 曹志平 水资源: 限制西北地区可持续发展的瓶颈[J]. 软科学, 2001, (5): 56- 57
- [10] 董 君 西部地区苜蓿产业化发展的战略思考[J]. 饲料广角, 2001, (11): 28- 29

## Study on the countemeasures of water resource sustainable utilization in Northwest China

SUN Zhao-m in<sup>1</sup>, YANG Shi-q i<sup>1</sup>, YAO Xue-hu i<sup>2</sup>, J IA Zhi-kuan<sup>1</sup>, HAN Q ing-fang<sup>1</sup>

(1 College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Yulin College, Yulin, Shaanxi 719000, China)

**Abstract:** The shortage of water resource is the main restricting complication of agricultural development in Northwest China. Since a long time, the carrying capacity of water resource has been dropped because of worsening environment, the agriculture and stockbreeding development had been defied gravely. The author analyzed the sustainable development of agriculture from the actuality and carrying capacity of water resource, advised to build the system of water saving fam land by the technic of “vaporized water” in fam land, and water saving irrigation, modern information techniques, seawater desalting etc, regulate the agricultural economy structure, find solutions for the trade of water resource and exploit ways for stock raising, develop modern sustainable agriculture, improve, develop the ecological economy agriculture, the using efficiency and the carrying capacity of water resource in Northwest China.

**Key words:** Northwest region; water resource; carrying capacity enhancement; sustainable utilization