

山东省农业节水成效及发展半旱地农业的可行性

杜贞栋, 黄 乾

(山东省水利科学研究院, 济南 250013)

[摘要] 在分析山东省水资源状况和农业节水发展成效的基础上, 结合“十一五”国家“863”项目灌溉试验成果, 对山东省发展半旱地农业的可行性进行了探讨。

[关键词] 半旱地农业; 山东省; 农业节水

[中图分类号] S27 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2012)03-0054-05

1 山东省水资源状况及特征

山东省属半湿润季风气候区, 四季界限分明, 温差变化大, 雨热同期, 降雨季节性强, 处于南方湿润区和西北干旱半干旱区的过渡地带。该地区多年平均降水量为 679.5 mm, 汛期 6—9 月份降水量占年降水量的 70%, 降水年际变化大, 丰枯比高达 2.62, 平均年径流深为 126.5 mm, 年径流量为 198.3 亿 m^3 。多年平均地下水资源量为 165.5 亿 m^3 , 各地地下水赋存状况相差较大, 山丘区以基岩裂隙水和岩溶水为主, 平原区以孔隙水为主, 鲁西北及北部滨海存在大量微咸水、咸水。

全省多年平均水资源量为 303.1 亿 m^3 , 人均水资源占有量 334 m^3 , 仅为全国人均水平的 14.7%, 亩(1 亩 = 666.67 m^2)均水资源占有量 307 m^3 , 仅为全国平均亩占有量的 16.7%; 且水资源时空分布不均, 开发利用难度大。由于山东省水资源赋存和产业布局不匹配, 人类经济活动使用水结构发生较大变化, 灌溉用水量呈现日趋被动压缩的态势。

2 山东省农业节水发展成效

1) 农业用水总量明显下降。自 1998 年全省实施节水后, 农田灌溉年用水量由当时的 178 亿 m^3 下降并稳定到 140 亿 m^3 , 年均节水达到 30 多亿 m^3 , 有

效缓解了水资源供需矛盾。山东省农田灌溉用水量多年变化情况见图 1(2006 年为枯水年, 灌溉用水量增大)。

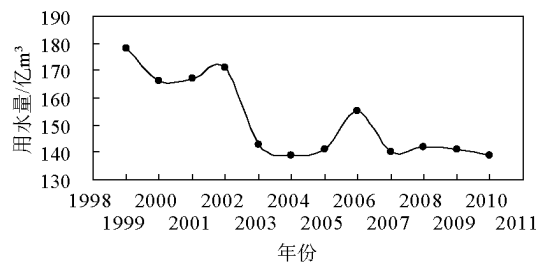


图 1 山东省农田灌溉用水量多年变化情况

Fig. 1 Variation of irrigation water amount in Shandong Province

2) 农业用水效率提高。全省平均灌溉水利用系数由 0.50 提高到 0.60, 作物水分生产率由不足 1 kg/m^3 提高到 1.5 kg/m^3 , 在全省农田灌溉总面积、农业总产量和总产值稳定增加的情况下, 实现了连续 8 年农业增产增效不增水。全省平均灌溉定额由 300 $m^3/亩$ 下降到 200 $m^3/亩$ 以下, 见图 2 和图 3。

3) 节水效益明显增加。通过实施节水灌溉节约的 30 亿 m^3 水量中, 有 14 亿 m^3 转移到工业生产、10 亿 m^3 转移到生态用水中, 有力地支撑了山东省经济可持续发展。山东省以占全国 1.1% 的水资源, 养育了占全国 7.2% 的人口, 灌溉了占全国

[收稿日期] 2011-10-20

[基金项目] 国家“863”项目“山东半湿润区现代节水农业技术与集成(2006AA100222)”

[作者简介] 杜贞栋(1963—), 男, 山东莒县人, 研究员, 主要从事农业节水工程理论与技术等方面的研究; E-mail: watersd@sohu.com

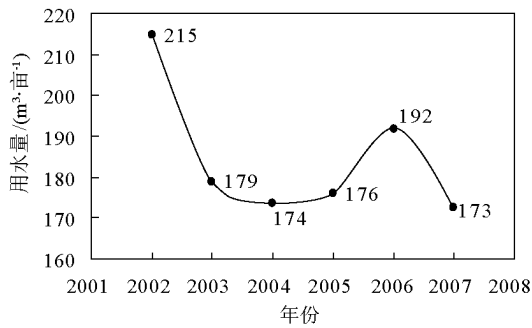


图2 山东省农田灌溉亩均用水量变化
Fig. 2 Variation of irrigation water per Mu in Shandong Province

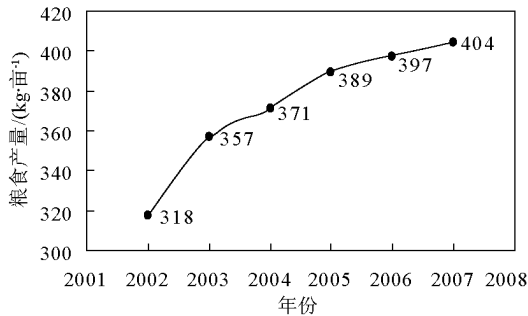


图3 山东省亩均粮食产量变化
Fig. 3 Variation of grain yield per Mu in Shandong Province

7.4%的耕地,生产出占全国8.5%的粮食,国内生产总值占到全国的10%,农业节水做出了重要贡献。

4) 节水工程建设成效显著。国家和山东省近年来加大了对农田灌溉工程的投入。在大型灌区骨干渠道节水改造中,通过“两改一提高”,打造“节水型”、“生态型”、“信息型”、“高效型”的“四型”现代灌区,注重提高综合效益;小型水库灌区大力推广多库联网,建设管道灌溉网络,按压力分区,发展各种形式的自压灌溉;山丘区发展小水窖、小水池、小塘坝、小泵站、小水渠“五小”水利工程建设,做到“小水大用、低水高用”,推广风光互补提水灌溉技术,一站式信息监测系统;平原井灌区普遍推广无井房管道灌溉射频控制系统,窄短畦灌溉,提高信息化管理水平;城市近郊和沿海经济发达地区,结合设施农业大力发展微喷、滴灌等高效节水灌溉。自2009年起,山东省以小型农田水利重点县建设为契机,整合农业综合开发项目、世界银行贷款项目、土地整理项目等,按照“系统化规划,规模化推进,高标准建设,

新技术支撑,文明式发展,用水户参与”的建管模式,已在60个县建设了240万亩高标准项目区,其中190万亩实现了管道化,渠灌区管道化发展迅速。

3 半旱地非充分灌溉试验

文章利用“十一五”国家“863”项目节水灌溉试验成果,对半旱地实施非充分灌溉的作物产量进行分析。

3.1 试验区概况

试验地点位于山东省桓台县,试验小区设在“十一五”国家“863”项目“山东半湿润区现代节水农业技术与集成”项目区。项目区是我国黄淮海地区典型的井灌区,属山前洪积平原,地势平坦,土地肥沃,冬小麦和夏玉米是其主要粮食作物。桓台县是我国江北第一个“吨粮县”,多年平均降水量为537.7 mm,年内降水集中在7—9月份,多年平均蒸发量为1270 mm。县内地表水缺乏,浅层地下水是桓台县工农业生产和生活的主要水源,地下水资源总量为17734万m³,可开采量为14224万m³,地下水供水量占总供水量的90%~95%,主要用于灌溉。桓台县的地下水资源一直处于超采状态,总体处于下降趋势。全县年均降水量和地下水埋深变化见图4。

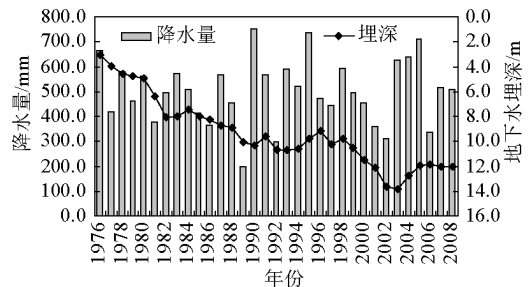


图4 桓台县年均地下水埋深及年降水量
Fig. 4 Average annual groundwater level and precipitation in Huantai County

3.2 试验条件和方法

试验区内土壤属褐土,表层质地为中壤,肥力中等,1 m内土壤容重1.45~1.6 g/cm³,田间持水量为23%(重量百分数),种植制度为冬小麦套种夏玉米一年两作,项目区浅层地下水埋深变化为16.2~17.9 m。由于该区内夏玉米生长期雨热同期,灌溉水量少,在此仅对冬小麦试验结果进行分析。2007—2010年在项目区进行了冬小麦农艺综合节水技术试验,试验品种为济麦22、青麦6、良星99、

山农 15, 每个品种设置了 3~4 个灌水处理, 进行了非充分灌溉试验。由于大田试验受随机降水影响较大, 因此各年度的试验处理进行了适应性调整, 例如, 播种后降水量较大就不再设置“引苗水”处理。该年度冬小麦试验共设置 4 个灌水处理: 处理 1 为全生育期不灌水, 处理 2 在乳熟期灌水 $45 \text{ m}^3/\text{亩}$, 处理 3 在越冬期和拔节期分别灌水 $45 \text{ m}^3/\text{亩}$, 处理 4 在越冬期、拔节期和乳熟期分别灌水 $45 \text{ m}^3/\text{亩}$ [1]。

3.3 结果分析

对 2007—2008 年度的冬小麦试验结果进行详细分析。整个冬小麦生育期降水量为 183.6 mm, 较多生育期间年平均降水量 143.5 mm 多 40.1 mm, 属于降水较丰沛的年份, 冬小麦生育期内降水过程见图 5。播种前, 土壤墒情较好, 0~20 cm 土壤含水量达到田间持水率的 80%~90%。

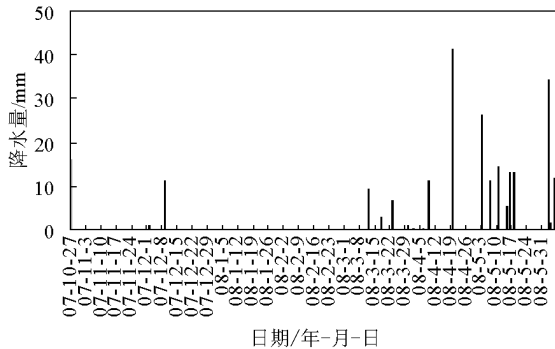


图 5 2007—2008 年冬小麦生育期间降水过程
Fig. 5 Precipitation in winter wheat growing period of the year 2007—2008

4 个冬小麦品种在不同灌水处理下的产量见表 1。对每个品种在 4 种灌水处理下的产量进行比较发现, 各处理之间的产量差别并不大。处理 1 和处理 2 产量之间无显著性差异, 处理 3 和处理 4 之间无显著性差异。其中, 良星 99 号的 4 个处理产量间无显著性差异。差异最大济麦 22 号处理 4 比处理 1 产量高出 11.3%, 差异最小的良星 99 号处理 4 比处理 1 高出 1.4%。也就是说, 在降水较丰沛年份下, 如能充分利用降水, 多灌 3 次水 ($135 \text{ m}^3/\text{亩}$) 冬小麦产量仅提高 1.4%~11.3%, 见图 6~图 9。

表 1 2007—2008 年度冬小麦产量统计表

Table 1 Winter wheat yield statistics in 2007—2008

试验品种	处理 1:	处理 2:	处理 3:	处理 4:
	全生育期 不灌水	乳熟期 乳黄水	越冬期 + 拔节水	越冬期 + 拔节水 + 乳黄水
济麦 22 号	5 904.21	5 754.26	6 565.87	6 571.77
青麦 6 号	6 424.84	6 410.17	6 528.30	6 793.10
良星 99 号	6 526.45	6 622.07	6 533.49	6 616.33
山农 15 号	5 828.10	5 323.28	6 238.38	6 164.94

kg/hm²

注: 每次灌水定额控制在 $45 \text{ m}^3/\text{亩}$

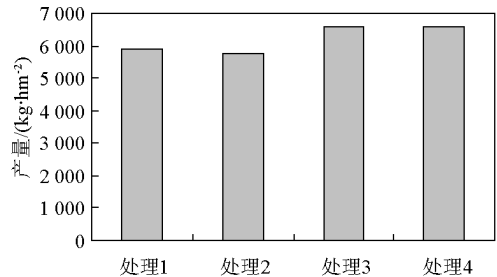


图 6 济麦 22 号各处理间产量比较

Fig. 6 Comparison of yield among the treatments of Jinan wheat 22

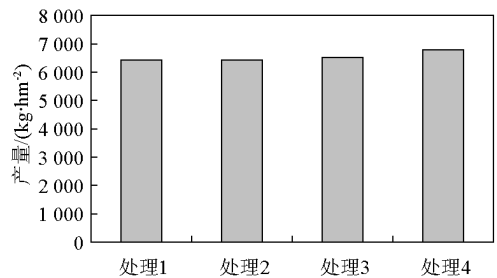


图 7 青麦 6 号各处理间产量比较

Fig. 7 Comparison of yield among the treatments of Qing wheat 6

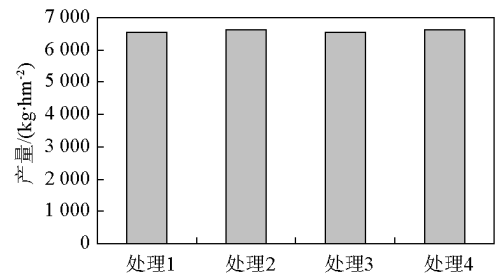


图 8 良星 99 号各处理间产量比较

Fig. 8 Comparison of yield among the treatments of Liangxing 9

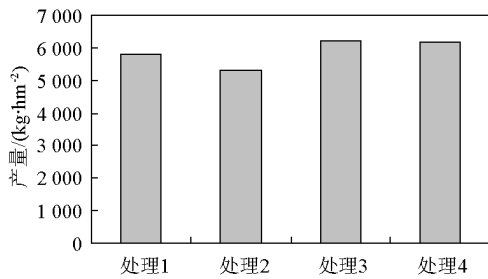


图9 山农15号各处理间产量比较

Fig. 9 Comparison of yield among the treatments of Shannong 15

根据2008—2009年(生育期降水量为235.0 mm)、2009—2010年冬小麦试验结果(生育期降水量为168.8 mm)进行分析,尽管每年产量水平不同,但均得到与2007—2008年的类似结果。见表2和表3。

表2 2008—2009年度冬小麦产量统计表

Table 2 Winter wheat yield statistics in the year of 2008—2009

试验品种	kg/hm ²		
	处理1 引苗水+乳黄水	处理2 引苗水+灌浆水+乳黄水	处理3 引苗水+越冬水+灌浆水+乳黄水
济麦22号	5 564.18	5 730.89	5 823.66
青麦6号	5 699.95	5 088.22	5 740.89
良星99号	5 148.11	5 517.28	5 260.96
山农15号	4 829.64	5 272.16	5 026.98

注:2008—2009年冬小麦在拔节期间受冻害影响,产量较往年偏低

表3 2009—2010年度冬小麦产量统计表

Table 3 Winter wheat yield statistics in the year of 2009—2010

试验品种	kg/hm ²		
	处理1 引苗水+乳黄水	处理2 引苗水+灌浆水+乳黄水	处理3 引苗水+越冬水+灌浆水+乳黄水
济麦22号	6 839.32	7 391.73	7 682.47
青麦6号	7 306.22	7 591.83	7 653.40
良星99号	6 203.10	6 957.32	7 155.71
山农15号	6 601.59	7 352.39	7 578.15

在冬小麦生长期,桓台县多年平均降水量为143.5 mm,而冬小麦需水量500 mm左右,按照冬小麦正常需水要求,仍需要大量灌溉。桓台县井灌区多年来也形成了“按需供水”的充分灌溉制度,近几

年灌溉制度变化较大,灌水定额小,但灌水次数较多。一般年份冬小麦灌4~5水的占大多数^[2]。根据2007—2010年的冬小麦非充分灌溉试验结果,在降水较丰沛的年份,减少灌溉用水,冬小麦仍可以保持较高产量。配合推广农业综合节水技术,在维持较高产量水平下,丰水年和平水年减少1~2次灌水是可行的。

另外,根据对桓台县地下水埋深的分析,桓台县多年来地下水位持续下降,说明桓台县多年粮食保持高产稳产既是耕作、灌溉水平进步的结果,同时也是以超采地下水为代价的。从维持当地地下水采补平衡、维护粮食安全和水资源可持续发展的角度来看,除了推广高效农业综合节水技术外,发展半旱地农业成为必然。

4 山东省发展半旱地农业可行性分析

1)发展半旱地农业是缓解水资源供需矛盾的有效途径。山东省水资源供需矛盾尖锐,地下水漏斗区域达到1万多km²,沿海地区海水入侵超过1 000 km²,特别是实行最严格的水资源管理制度以后,农业用水必然实行零增长甚至负增长。山仑院士认为半旱地农业是在运用旱作技术充分利用自然降水的基础上进行少量水补充灌溉的农业^[3],其目的是在缺水灌区保持农田高产的同时,做到节约大量灌溉用水,非常符合山东省“人多、地少、水缺”的省情。山东省的水资源特点、正在实施的最严格的水资源管理制度都将会促进半旱地农业的发展。

2)发展半旱地农业是我省未来发展节水农业的需要。2003年以来,全省年灌溉用水稳定在140亿m³,全省7 390万亩灌区平均灌溉水利用系数0.6左右,平均亩用水净定额约113 m³,年均灌溉2~3次水,绝大部分灌区已经在被动地进行非充分灌溉,实施半旱地农业。未来山东省规划发展灌溉面积8 000万亩,在农业用水总量不变甚至可能减少的情况下,必然要发展半旱地农业。

3)发展半旱地农业技术上可行,经济上合理。桓台县等地的试验研究成果,说明了发展半旱地农业在技术上的可行性。山东省连续8年农业增产增效不增水,农业综合节水技术功不可没。山东省现状大部分灌区实行非充分灌溉,除了水资源紧缺原因外,灌溉边际效益低是重要原因。随着农业水价改革,“经济杠杆”也将有力地促进半旱地农业发展。

4)发展半旱地农业需要进一步研究完善半旱地农业理论,因地制宜地实践。发展半旱地农业,实行非充分灌溉制度,是山东省未来农田灌溉发展的必然选择,是实现水资源可持续利用的重大举措。半旱地农业理论还有待于进一步探讨和完善,如不同种作物非充分灌溉制度研究,非充分灌溉设计和现有技术规范、设计标准衔接问题等。由于山东省不同地区的降雨和水资源的年际差别和空间分布差异及节水工程建设、农艺综合节水水平、灌溉管理水

平存在差别,发展半旱地农业需要因地制宜。

参考文献

- [1] 黄 乾,杜贞栋,吕宁江. 冬小麦节水耐旱系数研究[J]. 灌溉排水学报,2009,28(6):119-121.
- [2] 王家仁,郭风洪,孙茂真. 冬小麦调控灌溉节水高效节水技术指标试验初报[J]. 灌溉排水学报,2004,23(1):36-40.
- [3] 山 仑. 节水农业与作物高效用水[J]. 河南大学学报:自然科学版,2003,33(1):1-5.

Achievement of agricultural water-saving and feasibility of developing semi-arid agriculture in Shandong Province

Du Zhendong, Huang Qian

(Water Resources Research Institute of Shandong Province, Jinan 250013, China)

[**Abstract**] Based on the analysis of status of water resources and achievement of agricultural water-saving development in Shandong Province, the feasibility of developing semi-arid agriculture was investigated with combination of the irrigation experimental results in national “863” project.

[**Key words**] semi-arid ; Shandong Province; agricultural water-saving