

关于青龙大队实施井灌园田化规划 经济用水的调查与探讨*

刘庆生

(西北农学院农经系)

春干、伏旱对渭北旱塬农业生产威胁较大,在有条件的地方,合理开发利用地下水进行补充灌溉,对促进农业生产发展有明显的效果。

水资源是农业自然资源中最宝贵的资源之一,我们必须十分珍惜它、利用它。在渭北旱塬如何做到适时适量的灌溉,本文运用了联合国粮农组织(FAO)介绍的一种计算方法,为计划用水和节约用水提供科学数据。通过对青龙大队十年来利用辐射井灌溉经济效益的分析,探讨打井投资的最佳点,供同类地区打辐射井进行投资比较时参考。

一、青龙大队井灌园田化规划简介

青龙大队是陕西省乾县城关公社的一个生产大队,位于县城以东三华里,地处渭北旱塬。地势北部稍高,海拔高度在625—645米之间。境内有南北走向三条沟,将耕地割裂成四大块,给机耕和农田基本建设造成很大不便(见图1)。

据1959年至1980年22年的气象资料,青龙大队年平均气温 12.7°C ,年平均最高气温 18.2°C ,极端最高气温 41°C ,年平均最低气温 8.0°C ,极端最低气温 -17.4°C 。年平均降雨量537.9毫米,多集中在七、八、九三个月,且多暴雨。春干、伏旱频繁,加之该队地处乾县羊毛湾和杨家河两个水库灌区的末尾,灌溉水源缺乏保证,干旱对农业威胁较大。总土地面积2,793亩,其中:耕地面积2,522亩。土壤主要为红油土和白膳土,肥力较差,磷肥欠缺。

全大队现有五个生产队①,235户,1,078

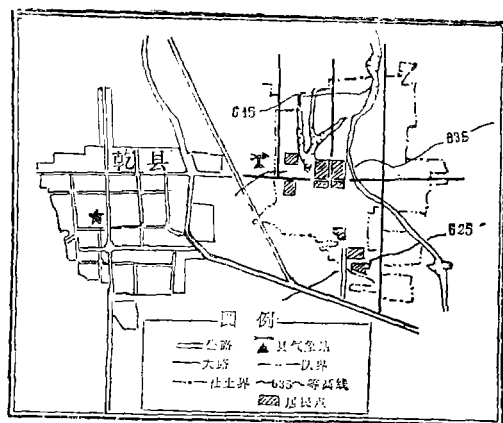


图1 青龙大队地形图

* 本文承丁荣晃、李佩成副教授指正,乾县城关公社马宏良同志提供一些资料,在此一并表示谢意。

注①1981年第三生产队分为三、五两个生产队。

人,男、女劳力470个。种植的农作物主要有小麦、玉米、棉花。

由于上述的自然条件,青龙大队干旱缺水,在打辐射井以前,农业发展缓慢,粮、棉产量一直低而不稳。例如,在一般降雨年份,粮食亩产在250斤上下,棉花亩产30—40斤,若遇旱年,产量更低。自1973年开始打辐射井利用地下水灌溉以后,情况发生了较大的变化。

为合理开发利用地下水资源,根据1975年《城关公社井灌园田化规划》,1978年选定青龙大队为实施该规划的试点,制订了《青龙大队1978—85年井灌园田化规划》,1980年又作了修改。

青龙大队园田化规划,是结合当地的具体条件和实行生产责任制的要求,综合考虑农、林、牧、副各业以及居民点的布置,进行了全面规划。以渠、路为“骨架”,以每一眼辐射井所能控制的灌溉面积为单位,并根据农业生产计划的需要制订的。规划将全大队相对集中连片的1,503亩耕地(占总耕地面积60%),按生产队划分为12个轮作区,每个轮作区又划分为3—5个轮作田区。田区面积最大的为68亩,最小的为25亩,一般田区多在40亩左右。道路规划:除保留乾阳路和南北走向的一、二、三号路和大青仁村北面的一条路外,需要新修、改线的生产路共五条,全长2,020米。为了节约用地和发挥井灌效益,实行渠、路结合,规划斗渠三条,全长3,060米,规划辐射井渠道5,050米。同时对于平整土地也进行了规划。(青龙大队井灌园田化规划见图2)

二、科学的园田化规划是省水、高产,经济用水的重要保证

进行科学的园田化规划,是提高水的利用率的重要保证。如上所述,青龙大队的园田化规划,是以辐射井为中心,渠、路为“骨架”进行耕地组织的。基本上一眼辐射井负担一个轮作区,做到了井水近用。这样既使辐射井负担合理,又能保证适时灌溉。根据规划,截止1982年全大队共打辐射井11眼,加上羊毛湾水库或杨家河水库的部分水源,使该大队大部分耕地能够得到灌溉,提高了抗旱能力,配合其他农业技术措施,表现出明显的经济用水、省水高产的效果。从而促进了该大队农业生产的发展和社员生活水平的提高(见表1)。

从表1可以看出:青龙大队粮食耕地亩产1973年比1969年增产9.8%,1974—77年比1969年增加122.4%,1978—79年比1969年增加130.4%,1980—82年比1969年增加103.8%。另外我们还可以从同一年度,井灌耕地粮食亩产和旱地耕地粮食亩产的变化中,来看井灌比旱地的增产情况。1973年井灌耕地比旱地增产55.2%,1974—77年增产94.7%,1978—79年增产127.5%,1980年—82年增产99.5%。劳动日值由1973年的0.36元增加到1980—82年的1.04元,增加了1.9倍,人均收入由1973年的42元增加到1980—82年的99元,增加了1.34倍。不言而喻,这种可喜的变化说明了随着园田化规划的全面实施和地下水资源的开发利用,给青龙大队粮食产量和社员收入方面带来了明显的经济效益。

三、对于利用辐射井灌溉经济效益的分析

渭北旱塬地区,在有条件打辐射井的地方,开发利用地下水,进行补充灌溉,是促

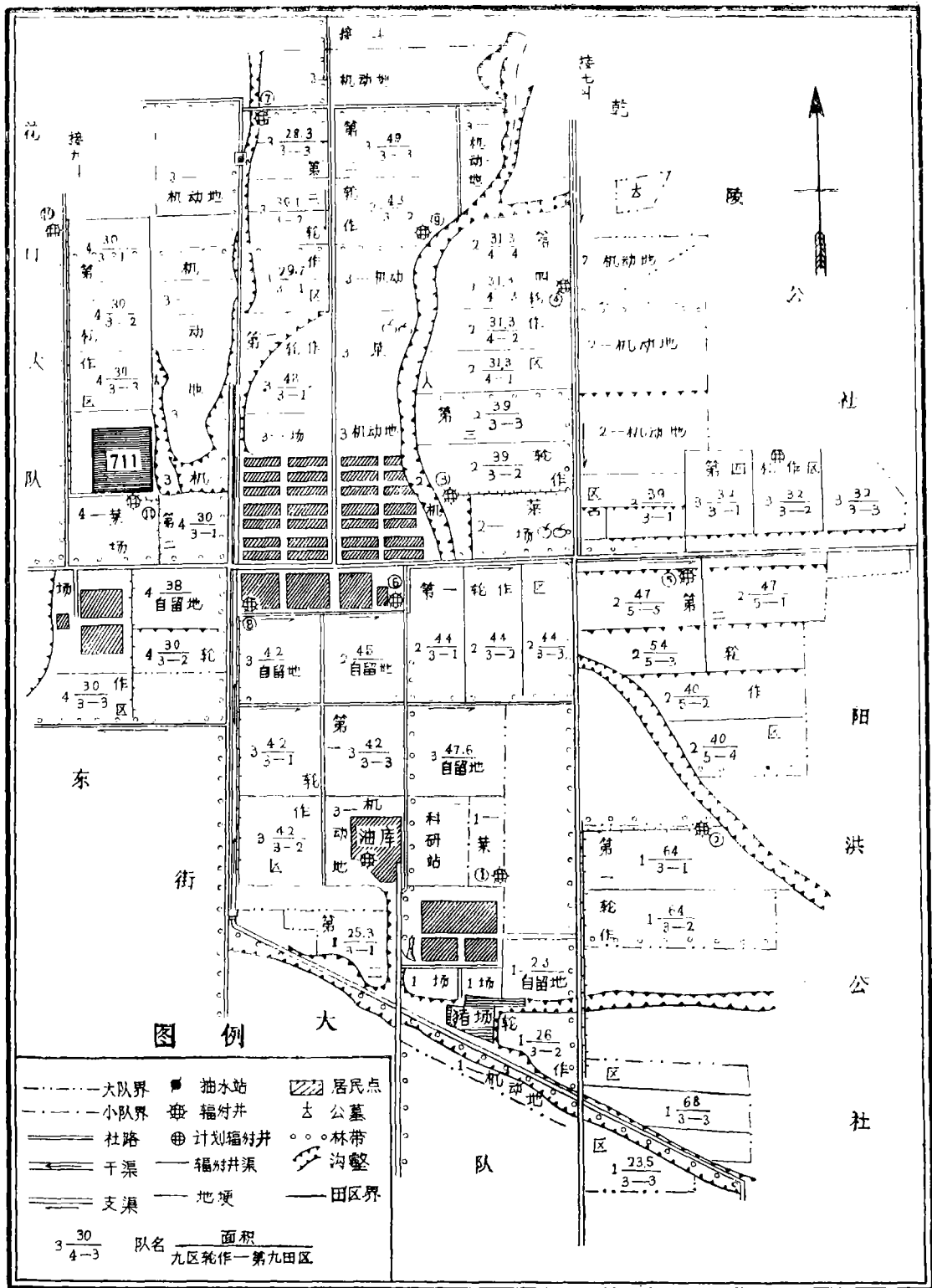


图2 乾县城关公社青龙大队井灌园田化规划图

表1 青龙大队随地下水开发利用粮食产量和社员收入变化统计表

年度区间		1969年*	1973年	1974—77年 平均	1978—79年 平均	1980—82年平均
辐射井数			3	6	10	11
耕地面积 (亩)		2,671	2,602	2,583	2,564	2,525.7
井灌面积 (亩)			691	1,064.5	1,381.5	1,336
井灌占耕地 (%)			26.5	41.2	54	53
粮 食 产 量	耕地面积 (亩)	1,619	1,692	1,622.3	1,526.5	1,459
	亩产 (斤/亩)	257	282.3	571.6	592	523.7
	总产 (万斤)	41.7109	44.9488	92.7375	90.3661	76.4098
	井灌面积 (亩)		654	882.8	985.5	763.6
	亩产 (斤/亩)		357	734.5	738.7	686.5
	总产 (万斤)		23.3748	64.8400	72.7986	52.4252
	旱地面积 (亩)	1,619	938	739.5	541	697
	亩产 (斤/亩)	257	230	377.2	324.7	344.1
	总产 (万斤)	41.7109	21.5740	27.8975	17.5675	23.9846
井灌亩产比旱地 亩产增加 (%)			55.2	94.7	127.5	99.5
劳动日值 (元)			0.36	0.61	0.88	1.04
人均收入 (元)			42	78.5	103.95	99

*1969年降雨量462mm和1973年年降雨量469.4mm相近

进农业发展的一项重要措施。那么,在一个生产单位,按照它的耕地面积,打多少辐射井比较合适,以求取得较高的经济效益。对于这个问题,本文想从青龙大队打井投资和经济效益分析中,寻求答案,试图找出打井投资的最佳点,以便为同类地区提供打辐射井投资时的参考。

如前所述,青龙大队从1973年开始打辐射井至1982年已有十年的历史。这十年中,共打辐射井11眼。据调查辐射井投资费用中,包括:材料、人工和运行管理三种费用。现将青龙大队辐射井投资费用列表如下(见表2)。

我们把青龙大队打辐射井的四个年度区间,和它们相应的粮食平均亩产量、农业收入联系起来,加以计算,分析它们之间的关系。诚然,影响各年粮食产量和农业收入的

表2

青龙大队辐射井投资调查计算表

年度区间		1973	1974—77 平均	1978—79 平均	1980—82 平均
辐射井数		3	6	10	11
井灌面积(亩)		691	1064.5	1381.5	1336
打井投资	材料费①累计(万元)	1.7477	3.4953	5.1277	5.5358
	人工费②累计(万元)	0.2592	0.6624	1.3824	1.6128
	运行管理费③(万元)	0.7767	1.1965	1.5528	1.5017
	合计	2.7836	6.3542	8.0629	8.6503

说明：①该大队1977年以前，打一眼辐射井材料费为5825.5元，1978年以后，由于采用青砖倒挂技术，打一眼井材料费仅为4081元。

②打井人工费是根据打一眼井需劳动日数(40个人，二个月时间)乘当年劳动日值而得。1973年该大队打井3眼，劳动日值0.36元；1974年打3眼井，劳动日值0.56元；1978年打井4眼，劳动日值0.75元；1980年打井1眼，劳动日值0.96元。

③运行管理费，包括：电费、维修费等，该大队运行管理费为11.24元/亩，用这个数字乘井灌面积即得运行管理费。

因素是多方面的，这里将其它因素除外，只就辐射井所发挥的效益进行分析。

现将青龙大队打井亩投资、粮食亩产量和农业收入列表如下(见表3)。

表3 青龙大队打井亩投资、粮食亩产量和农业收入统计计算表

年度区间	辐射井		耕地面积 (亩)	亩投资 (元)	粮食亩产 (斤)	产投比*(斤:元)	农业收入 (万元)	亩收入		经济效益比(亩投资:亩收入)
	个数	投资累计 (万元)						元	递增(%)	
1973年	3	2.7836	2602	10.70	282.3	26:1	8.2160	31.57	100%	1:2.95
1974—77 年平均	6	6.3542	2583	24.60	571.6	23:1	13.8069	53.45	+69%	1:2.17
1978—79 年平均	10	8.0629	2564	31.45	592	19:1	14.8591	57.95	+8.4%	1:1.84
1980—82 年平均	11	8.6503	2521	34.31	523.7	15:1	11.1564	44.25	-23.6%	1:1.30

*产投比：即投入与产出比。

从表3计算结果可知：在四个打井年度区间中，1973年的产投比(26:1)和经济效益比(1:2.95)都是最高的，但它的粮食亩产(282.3斤)和农业收入(8.2160万元)却是最低的。1974—77年产投比(23:1)和经济效益比(1:2.17)及1978—79年产投比(19:1)和经济效益比(1:1.84)，虽然比1973年稍低，但粮食亩产和农业收

入却是较高的。而1980—82年的产投比(15:1)和经济效益比(1:1.30)同前二个年度区间相比有所下降,亩收入比1978—79年减少了23.6%。从上面的变化来看,当打井亩投资开始增加时,粮食亩产和农业收入增长的幅度较大。再投资时,其增长幅度缓慢。这一事实说明,打井的数目应该有一个限度,这个限度就是指科学的依据。

总之,根据以上分析,我们认为打辐射井投资的最佳点,即在耕地面积变化不大和目前生产管理的水平下,打井亩投资以24.60—31.45元的经济效益较好。这个分析方法,可供渭北旱原地区打辐射井进行投资比较时参考。

四、对青龙大队最佳灌水时间与最适灌水量的探讨

为了进一步解决好计划用水和节约用水,即进行适时适量的灌溉,必须抓住灌水的关键时间和适宜的灌水量。众所周知,渭北旱原的降雨时间和降雨量,往往和作物在各阶段的需水时间和需水量不一致,这就需要通过灌溉来解决这个矛盾。那么,对某种作物来说,在它的整个生育期中,什么时间灌水最合适,灌水量多大最恰当,借助一定方法是能够进行计算的。

根据范·费尔图依森介绍的计算方法⁽²⁾,假定在其它条件(如:种子、肥料、植保等)都可以满足的情况下,就降雨对作物的产量影响而言,可根据当地的降雨资料,蒸腾蒸发潜势,作物的需水量和作物的实际耗水量来进行计算。通过计算因降雨不足所引起的减产率,就可以同时计算出作物的需水关键时间和需水量的大小,从而为合理用水提供科学依据。计算公式如下:

$$y_{red} = \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \cdot k_y \cdot 100\%$$

式中: y_{red} —减产率

ET_m —作物需水量(mm), 计算公式如下:

$$ET_m = PET \cdot KC$$

式中: PET —蒸腾蒸发潜势

KC —作物需水系数

$$PET = \frac{W \cdot HT + AT}{W + 1} \quad (\text{彭曼公式})$$

式中: W —表示温度与相应的海拔高度有关的数值,

HT —太阳辐射因子,

AT —风力因子。

ET_a —作物实际耗水量(mm),

当降雨量(Pa)和土壤有效水分(Sa)充足时:

$$\text{即: } Pa + Sa \geq ET_m$$

$$\text{则: } ET_a = ET_m$$

当降雨量和土壤有效水分不足时:

注(2) 这个方法是由我国原农业部 and 联合国粮农组织, 于1981年在西安联合举办的黄土高原培训班, 由范·费尔图依森专家介绍的。

即: $Pa + Sa < ET_m$

则: $ET_a = Pa + Sa$ 。

KY—产量反应系数。

我们引用这个公式, 计算了青龙大队各种作物因降雨不足所引起的减产率情况。计算选择了青龙大队三个不同的降雨代表年份。如1977年年降雨量为264.9毫米代表干旱年, 1979年年降雨量为456.8毫米代表较干旱年, 另外是1959—80年22年平均降雨量为537.9毫米, 作为一般降雨量年份。现以较干旱年1979年夏播玉米为例计算如下(计算结果见表4)。

表4 青龙大队1979年夏播玉米因降雨不足引起减产计算表

月份	六			七			八			九			合计
旬	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
降雨量(pa) mm	17.2	5.0	3.3	50.8	20.4	63.8	2.4	13.9	33.7	30.8	15.8	64	
蒸腾蒸发潜势 (PET)	59	67	59	47	45	44	44	43	42	26	24	15	
作物需水系数 (kc)		0.5	0.7	0.8	0.85	1.05	1.2	1.2	0.95	0.8	0.6	0.55	
作物需水量 (ET_m) mm		33.5	41.3	37.6	38.3	46.2	52.8	51.6	39.9	20.8	14.4	8.3	384.7
作物实际耗水量 (ET_a) mm		7.4	3.3	37.6	33.6	46.2	20.0	13.9	33.7	20.8	14.4	8.3	239.2
土壤有效水份 (sa) mm	2.4	0	0	13.2	0	17.6	0	0	0	10	11.4	67.1	
生育阶段	营养生长期						花期		结实期		收获期		
ET_a/ET_m	128.1/196.9 = 0.65						33.9/104.4 = 0.32		54.5/60.7 = 0.9		22.7/22.7 = 1		61.6%
产量反应系数 (ky)	0.4						1.5		0.5		0.2		
减产率 (yrd)	0.140						1.00		0.05		0		100%
缺水mm	68.8						70.5		6.2		0		145.5
折合米 ³ /亩	45.9						47.0		4.1		0		97

*减产率, 是按作物生育阶段分开计算, 每阶段的基数均以前一生育阶段作为100, 下同。

由表4计算结果可知, 玉米在营养生长期, 降雨供给的水分, 满足其需水量的65%, 造成14.0%的减产; 而花期降雨供给的水分, 满足其需水量的32%, 就会造成百分之百减产, 尽管在结实期降雨供水量能满足其需水量的90%, 或者全生育期总降雨量满足其总需水量的61.6%, 最后还是没有收成。对玉米来说, 花期灌水就是关键时间。因为这个时间缺水, 对玉米的产量影响最大。(玉米花期缺水47米³/亩, 全生育期缺水97米³/亩) 按照上面的计算方法, 我们将青龙大队三个不同降雨代表年份的主要作物,

因降雨不足引起的减产率和缺水量进行了计算, 计算结果列表如下(见表5)。

表5 青龙大队三种主要作物因降雨量不足引起减产与缺水量计算结果表

年度 缺水量及 减产率 作物	1977年年降雨量264.9毫米 (干旱年)		1979年年降雨量456.8毫米 (较干旱年)		1959—80年平均年降雨量537.9毫米(一般年)	
	生育阶段缺水量 及相应减产率		生育阶段缺水量 及相应减产率		生育阶段缺水量 及相应减产率	
	缺水量(米 ³ /亩)	减产率(%)	缺水量(米 ³ /亩)	减产率(%)	缺水量(米 ³ /亩)	减产率(%)
小麦	播种苗期50,	10%	营养生长期10.7、 返青拔节30.2*	4.8%、 48%	返青拔节期 22.1*	21%
	营养生长期44, 返 青拔节42*	17%、 40%	花期34.7、*产量 形成期20	47%、 25%	花期26.3*	31%
	花期51*, 产量形 成期49, *	51%、 42%			产量形成期 21.2*	20%
	成熟收获期26, *	50%			收获期2.6	
	合计262米 ³ /亩		合计95.6米 ³ /亩		合计72.2米 ³ /亩	
玉米	营养生长期85.7*	24%	营养生长期45.9	14%	营养生长期41.1	13.6%
	花期72.1*	100%	花期47.0*	100%	花期53.3*	100%
	结实期42.1*	44.5%	结实期4.1	5%	结实期2.9	2.5%
	成熟收获期20.9	16.4%				
	合计220米 ³ /亩		合计97米 ³ /亩		合计97.3米 ³ /亩	
棉花	苗期41.2		苗期6		现蕾期31.2	10.8%
	现蕾期46.2	16%	现蕾期57.2*	18%	花期51.7*	23%
	花期73.4*	31%	花期23.0	12%	结桃期40.5	7.5%
	结桃期128.8*	22%	结桃期35.8	8%		
	收获期37.8					
	合计327.4米 ³ /亩		合计121.5米 ³ /亩		合计123.4 米 ³ /亩	

*表示灌水关键时间。

由表5可以看出: 青龙大队在干旱年小麦、玉米、棉花缺水量都很大。如小麦在返青拔节期缺水量为42米³/亩, 减产率为40%; 在花期缺水量为51米³/亩, 减产率为51%; 在产量形成期水量为49米³/亩, 减产率为42%; 在成熟收获期缺水量为26米³/亩, 减产率50%。这些都是小麦的灌水关键时间和它所需要的灌水量。在较干旱年和一般降雨年中, 小麦缺水量较干旱年比一般年多23.4米³/亩。玉米和棉花的缺水量相近。因此在灌水时, 要抓住灌水关键时间和适宜的灌水量, 就可以避免因降雨不足而引起的减产。

另外，我们还计算了青龙大队较干旱年（1979年），除小麦、玉米、棉花外的其它作物如：大麦、大豆、苜蓿、蔬菜的缺水量和减产率，来分析该大队在灌溉用水方面是否存在浪费问题。（这里不再一一列出）

根据计算青龙大队较干旱年（1979年）各种作物总缺水为35.0391万米³，这个数字是作物的净需水量。那么1979年青龙大队辐射井和杨家河水库能够供多少水，在进行水资源平衡时，需要将毛供水量换算成净供水量，才能进行比较。

现将青龙大队辐射井年抽水量列表如下（见表6）。

表6 青龙大队辐射井抽水量调查表

辐射井 编号	每时抽水量 (米 ³)	日抽水时间 (小时)	日抽水量 (米 ³ /日)	年灌溉历时* (日)	年单井抽水量 (米 ³)
1	45	10	450	90	40500
2	50	10	500	90	45000
3	40	10	400	90	36000
4	35	8	280	85	23800
5	45	10	450	90	40500
6	45	10	450	90	40500
7	20	8	160	45	7200
8	45	10	450	90	40500
9	40	10	400	90	36000
10	30	8	240	65	15600
11	45	10	450	90	40500

*年灌溉历时（日）指冬灌30天，春灌15天，夏灌45天。

1979年青龙大队辐射井毛供水量为32.5600万米³，（1979年未打第6号辐射井，应从总抽水量36.6100万米³中减去4.0500万米³水量）。当时辐射井渠道衬砌1180米，占应衬砌井渠（5050米）的23.3%，在计算辐射井净供水量时，参照井渠衬砌前后灌溉有效系数^{*}，按其比例进行加权计算即

衬砌井渠年净供水量 = $32.5600 \text{ 万米}^3 \times 0.233 \times 0.97 = 7.3589 \text{ 万米}^3$

未衬砌井渠年供水量 = $32.5600 \text{ 万米}^3 \times 0.767 \times 0.63 = 15.7333 \text{ 万米}^3$

辐射井年净供水量合计23.0922万米³，

杨家河水库1979年毛供水量为10万米³，

有效系数按0.6计算，杨家河水库年净供水量 = $10 \text{ 万米}^3 \times 0.6 = 6 \text{ 万米}^3$

以上辐射井和杨家河水库年净供水量为29.0922万米³。

青龙大队1979年水资源供、需平衡计算（见表7）。

从表7计算中，可知青龙大队1979年供水量可以满足83.1%耕地的灌溉，即可以溉

*据城关公社在附近衬砌形式相同的太平生产队测定，在渠长340米，流量为70吨/小时的条件下。有效灌溉系数衬砌前为0.63，衬砌后为0.97。

表7 青龙大队1979年水资源供、需平衡计算表

耕地面积 (亩)	净供水量 (万米 ³)	净需水量 (万米 ³)	每亩耕地可供 水量 (米 ³)	每亩耕地需 水量 (米 ³)	供水量满 足程度 (%)
2559	29.0922	35.0391	113.7	136.9	83.1

2,125亩。但该大队1979年实际灌溉面积为1819亩,少灌了306亩,无形中加大了灌水量,造成了水资源的浪费。这就说明青龙大队应注意扩大灌溉面积,进行适时适量灌溉,避免浪费,使水资源的作用得到充分发挥。

参 考 资 料

- 1.陕西省农林科学院:《土地资源利用讲义》,P145—184,P117—172,1981。
- 2.西北农学院水利系、乾县城关公社:“乾县城关公社井灌园田化规划”,油印本,1975。
- 3.西北农学院规划组,乾县地下水办公室、乾县城关公社青龙大队:“乾县城关公社青龙大队1978—85年农业生产发展规划”,油印本,1980。

A Discussion and Investigation of Economical Utilization of Irrigation Water Garden-style Farmland Planning Of Irrigation By Wells In Its Implementation By Qinlung Production Brigade

Liu Qing—Sheng

(Northwestern College of Agriculture)

Abstract

Spring dryness and summer droughts are always a great threat to agricultural production on Weibei Rainfed Highland. In some places where conditions may be good, rational exploitation and utilization of subsurface water for supplementary irrigation will have an obvious effect on the development of agricultural production.

Water resource is one of the most precious natural resources for agriculture which we have to value and protect. But how is irrigation carried out in good time and with an optimum amount of water on Weibei Rainfed Highland? This paper provides scientific data for planned use water and saving of water by means of a kind of calculation method of introduced by FAO. The optimum point for investment in sinking wells is discussed through an analysis of irrigation economical returns from radial wells by Qinlung production Brigade for more than 10 years so as to provide some references for investment made in sinking radial wells in contrast to the similar regions.