

65.429
K25

肥 水

中国科学院西北水土保持研究所 编著



科学出版社

65.429

肥 水

中国科学院西北水土保持生物土壤研究所編著

科 学 出 版 社

1 9 7 3

内 容 简 介

肥水是我国劳动人民在长期生产斗争中发现的一种含有相当数量硝态氮的地下水。本书介绍了肥水的利用及增产效果,肥水的形成与分布,肥水水质野外化验方法,同时,总结了群众性的肥水普查规划和开发利用的经验,并对适于野外化验水质的简易电导光度两用仪的制作方法也作了具体介绍。

书中附有插图,通俗易懂。可供各地开展肥水普查规划和开发利用工作参考,也可供地、县、社各级干部,农业、水利技术人员、知识青年以及农业、水利院校师生阅读和参考。

肥 水

中国科学院

西北水土保持生物土壤研究所编著

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1973 年 3 月第 一 版 开本:787×1092 1/32

1973 年 3 月第一次印刷 印张:2 5/8 插页:3

印数:0001—40,600 字数:56,000

统一书号:13031·85

本社书号:180·13—12

定 价: 0.26 元

前 言

“水利是农业的命脉”。肥料是植物的粮食。肥水是含有相当数量硝态氮的浅层地下水，是一种良好的氮素肥源。用于灌溉，既供肥，又供水，同时，开采肥水投资少，见效快，简而易行，便于自力更生开发利用。

我国北方劳动人民，在长期生产斗争中很早就发现了肥水，有的地区利用肥水灌溉已有几十年甚至上百年的历史。但是在解放前发展很慢；解放后由于修正主义路线的干扰，也没有很好的发展。无产阶级文化大革命中，批判了刘少奇反革命修正主义路线，在毛主席无产阶级革命路线指引下，在农业学大寨的群众运动中，广泛开展了肥水资源群众性普查工作，发现有大量肥水储藏，如西安市郊区的肥水分布面积就达十五万四千多亩。

陕西、山东在一九六六年就已开展了肥水工作，近年来，又有不少省、区，尤其是我国北方大多数省、区，相继开展了这方面的工作，肥水资源普查和开发利用的群众运动正在各地兴起。为了交流经验，充分发挥肥水在农业生产上的作用，我们根据一九六六年以来，在陕西关中地区与贫下中农一起进行调查研究和科学实验，以及在其它省、市的路线调查所得资料，编写了《肥水》这本小册子。在编写过程中，得到有关省、市兄弟单位的大力协助，并引用了原陕西省肥水资源调查队

和一些兄弟单位的资料,特此致谢。

参加编写的人员有:彭祥林、彭琳、邓邦权、白志坚、刘要红;简易电导光度两用仪的制作部分由杨荣合协助编写,插图由黄凯清绘。

由于肥水是一项新工作,开展不久,加之我们政治水平和业务知识的限制,错误之处在所难免,衷心希望读者批评指正。

编 著 者

1972年10月

目 录

前言	i
一、肥水在农业生产上的作用	1
(一) 肥水的增产效果	1
(二) 肥水水质及其评价	8
(三) 肥水的合理利用	16
二、肥水的形成与分布	23
(一) 肥水的形成	23
(二) 肥水积存的环境条件	33
(三) 肥水的分布	35
三、肥水的简易化验方法	37
(一) 肥水中硝态氮含量的简易化验法	37
(二) 肥水中总盐量的测定	47
(三) 简易电导光度两用仪的制作	54
四、肥水的普查和开发利用规划	67
(一) 肥水的普查方法	67
(二) 肥水开发利用规划	70
(三) 开采肥水应注意的问题	75

一、肥水在农业生产上的作用

肥水是含有相当数量硝态氮的浅层地下水，是一种良好的氮素肥源。用肥水灌溉，与浇淡水比较，有明显增产效果。有的地方也把肥水称为油水、苦水、赖水、含氮井水。

一般天然水都含有或多或少的硝态氮，如果含量很低，用来浇地，只能起到抗旱作用，看不出氮素的效果，我们把它称作淡水。究竟水中硝态氮含量达到什么程度才是肥水呢？各地具体划分的界限是不同的，主要是看灌溉后的增产效果。这里有直接关系的是土壤肥沃程度，同时也要考虑水质。陕西关中地区¹⁾将每方水中含硝态氮²⁾15克³⁾以上算作肥水，作为区别肥水和一般灌溉用水的界限。

(一) 肥水的增产效果

肥水含有作物容易吸收利用的硝态氮，浇到地里，既有肥，又有水，因而增产效果显著。肥水灌溉增产事例很多，表1是其中的一部分。由表1可以看出，小麦、玉米、谷子、水稻等作物灌溉肥水，亩产可达400—600斤，高的达到800斤，比灌淡水的产量高出100—200斤，增产20—50%，甚至一倍以

1) 关中地区系指渭河平原。南界秦岭，北界北山，西起宝鸡，东至潼关。

2) 肥水中硝态氮含量按含氮(N)量计算，不是按硝酸根(NO_3^-)含量计算。硝态氮亦称硝酸盐氮，以 NO_3-N 表示。

3) 每方水中克数可表示为克/方，也可用毫克/升、百万分数(ppm)表示，或称作度、单位等。

表1 肥水灌溉的增产效果

(1966—1971年)

作物	调查地点				年份	产量(斤/亩)		肥水增产	
	省	县(市)	公社	队		淡水	肥水	斤/亩	%
小麦	陕西	兴平	庄头	白家空	1966	351.0	759.6	408.6	116.4
小麦	陕西	兴平	西吴	北 吴	1966	357.0	618.0	261.0	73.1
小麦	陕西	兴平	冉庄	药 市	1966	302.0	480.0	178.0	58.9
小麦	陕西	兴平	赵村	赵 村	1966	210.0	450.0	240.0	114.3
小麦	陕西	三原	渠岸	大村王	1966	372.0	480.0	108.0	29.0
小麦	陕西	泾阳	三渠	手帕杜	1966	420.0	520.0	100.0	23.8
小麦	陕西	兴平	庄头	白家空	1967	280.0	550.0	270.0	96.4
小麦	陕西	兴平	冉庄	官 庄	1967	400.0	500.0	100.0	25.0
小麦	陕西	兴平	赵村	址坊头	1970	280.0	400.0	120.0	42.9
小麦	陕西	兴平	西吴	油 郭	1970	300.0	450.0	150.0	50.0
小麦	陕西	高陵	城关	红 卫	1970	300.0	440.0	140.0	46.7
小麦	山东*	莱阳	城厢	南 关	1966	360.1	676.5	316.4	87.9
小麦	山东	莱阳	城厢	南 关	1971	514.0	680.0	166.0	32.3
小麦	山东	莱阳	城厢	东 关	1971	528.0	800.0	272.0	51.5
小麦	河南	温县	赵堡	赵 堡	1967	360.0	720.0	360.0	100.0
玉米	陕西	兴平	赵村	赵 村	1966	323.4	459.7	136.3	42.1
玉米	陕西	兴平	大阜	大 阜	1966	300.0	410.0	110.0	36.7
玉米	陕西	富平	到贤	西仁里	1966	410.0	609.0	199.0	48.5
玉米	陕西	兴平	西吴	北 吴	1967	512.5	680.0	167.5	32.7
玉米	陕西	兴平	赵村	晁 庄	1969	250.0	400.0	150.0	60.0
玉米	陕西	兴平	赵村	前 进	1969	200.0	450.0	250.0	125.0
玉米	陕西	高陵	红旗	郭 路	1969	350.0	500.0	150.0	42.9

續表 1

作物	调查地点				年份	产量(斤/亩)		肥水增产	
	省	县(市)	公社	队		淡水	肥水	斤/亩	%
谷子	陕西	兴平	赵村	晁庄	1969	300.0	770.0	470.0	156.7
谷子	陕西	兴平	赵村	赵村	1966	168.5	377.8	209.3	124.2
谷子	陕西	兴平	冉庄	官庄	1966	366.0	544.0	178.0	48.6
谷子	陕西	兴平	西吴	西二	1966	210.0	433.0	223.0	106.2
棉花	陕西	兴平	大阜	大阜	1966	80	110	30	37.5
棉花	陕西	兴平	赵村	晁庄	1969	40	80	40	100.0
棉花	陕西	兴平	赵村	前进	1969	80	140	60	75.0
棉花	陕西	高陵	红旗	郭路	1969	60	80	20	33.3
棉花	陕西	高陵	红星	金光	1969	40	70	30	75.0
棉花	陕西	西安	火炬	革命	1971	70	100	30	42.9
棉花	陕西	兴平	赵村	赵村	1971	76	154	78	102.6
水稻	江苏**	新沂	炮车	果园	1970	550.0	780.0	230.0	41.8

* 山东烟台地区农科所资料

** 江苏省土壤研究所资料

表 2 肥水对小麦、玉米性状的影响
(兴平县赵村 1967 年)

性 状	小 麦		玉 米	
	淡 水	肥 水	淡 水	肥 水
株高(厘米)	86.3	100.9	206	224
穗长(厘米)	8.95	9.62	17.1	19.2
每穗粒数	41.02	44.83	—	—
千粒重(克)	34.4	38.4	306	372
每亩株数	107,805	101,338	2,150	2,130
每亩穗数	125,116	161,119	2,060	2,140

上。山东莱阳县城厢公社南关和城南村大队浇肥水的小麦最高亩产千斤以上。肥水灌溉棉花也有明显的增产效果。

肥水对作物性状的影响和施用氮肥的作用相同，主要是促进营养生长，表现为植株高大，枝叶繁茂，叶色浓绿，分蘖旺盛，在适宜条件下可促进穗部发育，使穗多穗大，粒多粒重，从而达到高产(参看表 2，图 1—4)。

肥水灌区群众对肥水的增产作用有深刻认识，他们说：“肥水劲大，浇地地壮，肥水地的庄稼长得好，比别的地高一头，深一色。”“肥水闷玉米好得很，又黑又旺，秆秆壮实，棒子大，产量高。”“浇肥水的谷子吃起来‘油’香，好的收两、三石。”各地一致反映肥水浇菠菜特别好，“菠菜长得厚、嫩、长半人高不老，产量高，出园早。”这与菠菜耐盐能力强，需氮较多等特性有关。用含氮高、含氯少、总盐量低的肥水浇烟叶好，“吸起来香、串(音、味好)”，兴平县有几个有名的旱烟产区，都是老肥水灌区。用含氯量高的肥水浇旱烟不好，“味寡、闹(音、味苦而不香)”。

由于肥水灌溉的增产效果显著，在农业生产上发挥着很大的作用。河南温县赵堡公社北平皋大队¹⁾经过整党建党，积极响应毛主席关于“农业学大寨”的伟大号召，自力更生、奋发图强，大搞开发利用肥水资源的群众运动，1970年秋季，全大队 2,000 亩玉米，用肥水灌了 1,400 亩，平均亩产达到 416 斤，一季增产粮食 28 万斤，比 1969 年玉米总产增加了 49%；1971 年全大队 3,300 亩小麦，用肥水灌 2,500 亩，平均亩产 571 斤，比 1970 年增加了 46%；1971 年玉米亩产提高到 466 斤，比 1970 年又增加 12%。1971 年全队粮食总产增加了 80 多

1) 新乡地区肥水资源普查组：《河南省新乡地区肥水资源普查报告》1972 年 2 月。



图1 兴平县赵村公社界庄大队灌溉肥水的小麦生长情况



图2 兴平县赵村公社界庄大队灌溉淡水的小麦生长情况

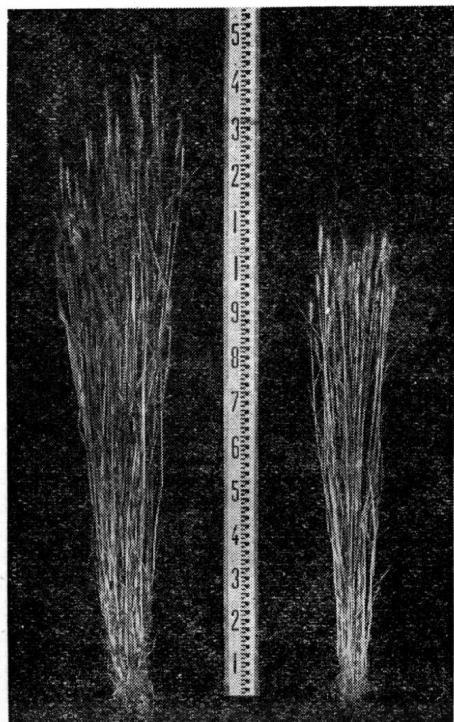


图3 灌溉肥水的小麦植株生长情况



图4 灌溉肥水的谷子植株生长情况

表3 肥水灌溉对产量的影响
(兴平县 赵村公社 1971年)

项 目	前 进 大 队		址 坊 头 大 队	
	五 队	二 队	一 队	三 队
灌 溉 水 质	淡水	肥水	淡水	肥水
全队粮食年平均产量(斤/亩)	709	940	723	953
其中: 小麦(斤/亩)	387	530	354	501
玉米(斤/亩)	319	408	367	490
谷子(斤/亩)	241	547	272	323
棉花平均产量(斤/亩)	76	99	62	78

万斤,向国家贡献 53 万斤,储备 24 万斤,一跃跨进了先进大队的行列。陕西兴平县赵村公社赵村大队第十三生产队在无产阶级文化大革命中,认真抓阶级斗争和路线教育,大力开发利用肥水,1968—1969 年打成几眼肥水井,灌溉了全队的耕地,粮食总产翻了一番,由原来的七、八万斤增加到十五、六万斤。还有一些生产队,地界相邻,条件基本相同,往往由于有无肥水或肥水灌溉面积多少而产量差异很大(参看表 3)。当然决定一个生产队粮食总产量的因素很多,党的领导和广大贫下中农的社会主义积极性起着决定的作用,肥水资源的利用只不过是生产条件诸因素的一个因素,但肥水作为一项增产的物质基础,也起了很重要的作用。

开发利用肥水资源是农业生产中一项投资少,见效快的措施。兴平县庄头大队群众说:“打一眼肥水井,用得好,每年可增产一、二万斤粮食,一季庄稼就可以把打井的投资收回来。”有些地方,群众称肥水井为“肥料井”、“茅缸井”、“战备井”,说明肥水井在为农业生产提供肥源方面已起到十分重要的作用。

山东黄县城关公社单家大队有一片碱地,地下水位较高,用河水灌溉往往起碱,后来就地打肥水井,改用肥水灌溉,不仅给地里施了肥,还降低了地下水位,防止了反碱,促进全大队粮棉均衡增产。

由于肥水对促进农业生产有显著作用,在农业学大寨运动中,许多地方的群众对开发利用肥水资源的积极性很高,兴平县西吴公社北马大队和大阜公社几个大队,本队没有肥水,就到外地打井,通过长途引水,灌溉农田,提高了粮棉产量。该县赵村公社址坊头、宋村大队和大阜公社庄头、高店大队、西吴公社北吴大队,采用二级或三级提水,把肥水引上梯田和高堰。该县村内打井,修渠引水出村浇地的事例就更多了。兴

平县革命委员会¹⁾对肥水资源开发利用很重视,提出“尽快开发、充分利用肥水资源是关系着促进我县粮、棉增产,打好农业翻身仗,迅速改变农业落后面貌,支援我国社会主义革命和建设,支援世界革命的一件大事,必须把肥水利用提到县革委会重要议事日程,作为农田水利基本建设一项重要内容来抓。”县上加强了对肥水工作的组织领导,作出了全县肥水开发利用规划,并指出在打井时要优先打肥水井,提水工具、机电设备要优先给肥水井配套,因而开发肥水的进度很快。1969年,全县井灌区有肥水机井209眼,1970年为331眼,1971年增至549眼,肥水已灌面积约占井灌总面积的四分之一。

(二) 肥水水质及其评价

肥水是一种含有相当数量硝态氮和或多或少其它可溶盐的浅层地下水,透明、无色、无臭、味苦、燥、涩、咸,一般为中性或微碱性。

肥水中的“肥”主要是硝态氮。氮素是作物成分中含量比较多的元素之一,为组成作物体的蛋白质和叶绿素的主要成分,在作物营养上具有很重要的作用。如果供给作物的氮素充足,则植株高大,枝叶繁茂,叶色浓绿,光合作用增强,因而提高了作物产量和品质。氮的形态很多,有些形态可为作物直接吸收利用,有些形态,则不能为作物直接吸收利用或需转化为其它形态后方可作为作物吸收利用。硝态氮是作物最易于直接吸收利用的一种形态。在农业生产上使用的硝酸铵等氮素化肥就含有硝态氮,故灌溉肥水的效果和施用硝酸铵等化

1) 兴平县革命委员会农牧局:《全面规划加强领导 开发利用肥水资源》
1972年1月。

肥的作用在植物营养方面有很多相同之处。从农业生产角度出发,肥水中硝态氮含量愈高,则水质愈好。根据陕西关中地区灌溉效果和利用情况,将硝态氮含量不同的肥水分三级:每方水中硝态氮含量 15—30 克为一级,浇地就有增产效果,30—50 克为二级,浇地增产效果显著,50 克以上为三级;硝

表 4 陕西关中部分地区肥水井调查统计*
(1966—1971 年)

调查县(市)	调查公社数	调查总井数 (眼)	肥 水 井 数(眼)			
			一级	二级	三级	小计
西安市	22	3,263	878	252	190	1,320
长 安	26	6,680	466	195	134	795
兴 平	13	2,612	406	332	377	1,115
咸 阳	17	5,570	801	474	441	1,716
礼 泉	14	2,799	839	599	307	1,745
泾 阳	22	6,632	1,749	611	114	2,474
三 原	11	3,358	672	349	274	1,295
高 陵	10	6,059	414	151	264	829
临 潼	23	7,104	1,882	692	232	2,806
渭 南	13	3,918	545	352	277	1,174
蒲 城	22	6,835	1,182	602	422	2,206
大 荔	20	3,729	614	347	267	1,228
富 平	25	7,625	2,059	1,157	424	3,640
潼 关	7	58	3	3	3	9
宝 鸡	23	1,520	358	160	99	617
武 功	14	2,690	395	263	234	892
扶 风	15	2,954	492	264	203	959
岐 山	14	1,803	320	185	154	659
眉 县	10	1,094	199	32	21	252
合 计	321	76,303	14,274	7,020	4,437	25,731

* 表中部分引用原陕西省肥水资源调查队资料,表内一、二、三级系指肥水硝态氮含量的级别,每方肥水硝态氮含量分别为 15—30 克、30—50 克和 50 克以上。

态氮含量高的地方划分为四级,即 50—100 克/方为三级,100 克/方以上为四级。含氮量高的肥水,最好与淡水掺灌。从关中部分地区各级肥水分布概况(表 4)可以看出,肥水硝态氮含量为 15—30 克/方(一级)占调查肥水井总数 55.5%,30—50 克/方(二级)占 27.3%,50 克/方以上(三级)占 17.2%,部分水样的硝态氮含量为 100—500 克/方,少数水样超过 500 克/方。肥水一般不含亚硝态氮($\text{NO}_2\text{—N}$)、铵态氮($\text{NH}_4\text{—N}$),或含量很少,有些地区的少数肥水中亚硝态氮含量较高。根据少数水样化验结果,肥水几乎不含磷,含钾也很少,每方肥水中含钾 1.2—3.3 克。

肥水中除含有相当数量的硝酸盐外,尚含有或多或少的其它可溶盐(包括溶于水中的各种离子、分子和微粒。含量较多的粒子有七、八种),这些盐类在农业生产上往往发生不利的作用。如果长期利用含盐量高的水进行灌溉,在地下水位高、排水不畅、蒸发量大的条件下,盐分在土壤中逐渐积累,当土壤含盐量超过一定限度时;就会危害作物生长发育,降低作物产量,形成盐碱土。群众反映,用含盐量高的肥水浇地,越浇越早。就是因为灌溉含盐量高的水,使土壤溶液浓度增高,渗透压力加大,以致作物吸水困难,造成生理干旱。同时盐分对作物还有直接毒害作用。如果灌溉水中钠离子浓度很高,钙、镁离子浓度很低,交换性钠百分率¹⁾相应增高,用于灌

1) 参看 L. A. 里查兹:《盐碱土的鉴别和改良》第 121—137 页 科学出版社 1965 年 6 月

钠吸附比(SAR)和交换性钠百分率(ESP)计算公式如下:

$$SAR = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})/2}}$$

式中: Ca^{++} 、 Mg^{++} 和 Na^+ 代表各该离子以毫克当量/升为单位的浓度。

$$ESP = \frac{100(-0.0126 + 0.01475 SAR)}{1 + (-0.0126 + 0.01475 SAR)}$$

溉，土壤吸收复合体逐渐为钠离子所饱和，土壤物理性状恶化，干时坚硬，湿时粘重，耕作困难，透水性差；有些对钠敏感的作物还可由于植物组织中钠的累积而遭受损害。故肥水的含盐量与盐分组成也是评价肥水水质的重要指标。根据陕西部分地区情况，按肥水所含可溶盐总量分为四级：每升水中可溶盐总量小于 1.5 克为一级，可用于灌溉各种作物；1.5—3.0 克为二级，盐害轻微，采用合理灌水技术，可用于灌溉；3.0—5.0 克为三级，盐害中等，只有在排水良好条件下，并注意合理灌溉和采用防止土壤积盐的农业技术措施，方可用于灌溉；大于 5 克为四级，盐害严重，在一般条件下，不宜用于灌溉。各地自然条件和生产条件不同，水中含盐量的分级也不一样，具体指标需根据当地情况确定。关于盐分组成一般采用钠吸附比作评价灌溉水水质指标，当水中含盐量一定时，钠吸附比愈高则碱化威胁愈大；钠吸附比高时，碱害则随水中含盐量增加而加重；如果钠离子浓度大，碳酸根离子和重碳酸根离子也大时，则碱害严重。各地肥水含盐量与盐分组成，除硝酸根离子外，一般与当地其它潜水相近。从表 5 所列各地肥水部分化验结果来看，陕西的兴平和武功、吉林的梨树和山西的汾阳等地的肥水水质较好，肥水含盐量绝大部分在 3 克/升以下，并且多为氯化物硫酸盐水或硫酸盐氯化物水，低矿化水为重碳酸盐水，没有碳酸根存在，阳离子以镁或钙为主，钠次之，钠吸附比多在 5 以下，地下水位也不高，用这类肥水灌溉，一般不易受到盐碱危害。陕西定边县盐碱土面积很大，地下水水质复杂，所形成的少部分肥水中大多水质很差，肥水含盐量一般为 3—5 克/升，高的达 14.7 克/升，钠吸附比也较高，用于灌溉，则土壤板结，甚至造成作物死亡，表现出明显的盐碱危害。此外，群众反映，含盐量高的肥水水味咸、燥或“涩不溜的苦”，喝了不解渴，熬茶熬不好，煮稀饭不稠汤，洗衣