

吉林省的肥水资源和利用问题

孟宪奎 刘桂琴 夏玉梅 王忠才

(中国科学院长春地理研究所) (乾安县农业局)

肥水, 是一种含氮浅层地下水源。有的把肥水称为“油水”、“苦水”、“含氮井水”等等, 是一种分布较广、开发利用简便、投资少、见效快的氮素肥源。用来灌溉小麦、玉米、谷子等作物, 可以起到供水与施肥两方面的作用, 增产效果十分显著。

自1971年以来, 我们先后在白城、四平、长春、吉林等地区进行了肥水资源调查, 并和乾安县有关部门一道, 进行了增产效益的对比试验。

一、吉林省肥水资源概述

根据几年来的调查, 吉林省肥水分布比较普遍, 中部平原地区各县都有肥水埋藏, 半数以上的公社都有肥水井。在我们调查的2,102眼井中, 就有860眼肥水井, 占41% (表1)。据乾安县107个大队的调查, 有肥水的就有71个队, 占66%。肥水井的硝态氮含量一般为15~50克/方, 每亩地浇水50方相当于施硫酸7.5~25斤; 有的含氮高达200克/方, 则相当施硫酸100斤以上。这些肥水井都是浅层地下水, 埋藏深度多在5~15米之间, 开发利用比较方便。

表1 吉林省部分县(市)肥水井调查统计表

县(市)	调查公社数	调查总井数(眼)	肥水井数(眼)				肥水井占调查总井数(%)
			一级*	二级*	三级*	小计	
白城市	2	11	2			2	18.2
镇赉	2	9		1		1	
大安	1	1	1			1	
洮安	5	10	1			1	10
乾安	10	738	253	94	32	379	51.4
前郭	3	9	2	3		5	
长岭	6	23	3	3		6	26.1
四平市	1	7	3	2	2	7	100
梨树	15	1006	196	70	51	317	31.5
怀德	3	16	2	3	4	9	56.3
伊通	7	77	22	23		45	58.4
东丰	1	4	1			1	

长春市	2	5		3		3	60
农安	4	75	19	12	12	43	57.3
双阳	4	7		1	1	2	
九台	6	11	4	2	1	7	63.6
榆树	7	18	7	4		11	61.1
吉林市	3	10	4	3		7	70
永吉	4	12	2	3		5	41.7
舒兰	4	9	2	1		3	33.3
磐石	2	6	3			3	50
桦甸	2	11					
辉南	1	9	1			1	
抚松	1	4					
靖宇	3	4	1			1	
合计	99	2092	529	228	103	860	41.1

*表中一、二、三级，系指肥水中硝态氮含量的级别，分别表示每升水中硝态氮含量为15~30毫克、30~50毫克和50毫克以上。

二、肥水分布特点及其形成

肥水分布的特点是围绕居民点呈斑状出现的，即肥水集中分布在居民点（或旧居民点遗址）及其附近。就其分布范围而言，居民点越大、历史越久、人口越密集的地方，肥水分布面积就越大，从居民点沿地下水流方向向外扩展的距离也越远，井水含氮量也高。据调查，各县的县城，一般为该县人口最多，居住集中，历史又较长的居民点，因而也是该县面积较大的肥水分布区，井水中的硝态氮含量也比较高。如梨树镇，有上百年的历史，其肥水分布面积也是全县最大的，约有4,000余亩，按地下水流方向，向西北扩展到居住区以外近千米，井水硝态氮含量一般为20~50克/方，高者达200克/方以上。梨树县较大的居民点榆树台镇，历史亦近百年，其肥水分布面积也较大，约1,400亩左右，井水硝态氮含量一般为20~40克/方，高者达100克/方。董家窝堡为一般的公社所在地，是人口较少、历史短的小居民点，肥水分布范围也小，只在屯内一些地方有肥水储藏，井水硝态氮含量最高也只有40~50克/方。又如乾安镇为乾安县最大的居民点，肥水分布面积亦为全县第一，但因其历史只有七十年左右，所以肥水分布面积远比梨树镇为小，仅2,000亩左右，而其范围也仅限于居民区内，含氮量一般为20~40克/方，最高60克/方。县内较大的居民点让字井，历史50~60年，肥水分布面积约400亩。河字井为县内一般自然屯，肥水分布面积更小，仅60亩左右。

根据各地调查资料分析,肥水中氮素的来源,主要是人为活动长期污染的结果。肥水形成过程的实质,就是硝酸盐的产生、迁移和在一定条件下累积和转化,直至以一定浓度存在于浅层地下水中的过程。

硝酸盐的形成,主要是地面含氮有机质在好气条件下,经过微生物分解和硝化细菌的作用,使有机氮转化为无机氮的矿质化过程。在这一过程中,必须有充足的氧气。先是有有机物中的氨基酸通过氨化作用变成铵态氮,再经过硝化细菌的作用,由铵态氮转变成亚硝态氮,进而氧化变为硝态氮。

在一般情况下,提供含氮有机物质越多的地方,产生的硝酸盐也就越多。居民点是长期不断地大量提供含氮有机物质的场所。在居民点及其周围,人们在生活和生产过程中,人、畜粪尿及污物的遗弃量最大,又是农、林、牧、副、渔各种收获物集中、转运和利用的地方,这就为产生硝酸盐提供了源源不断的原料来源。在田野里,地表和土壤的上层,由于动植物遗体 and 人为施入含氮有机、无机肥料,也能生成硝酸盐,但这些硝态氮大部分为植物吸收利用,致使下渗的硝酸盐数量远少于居民点。这就是为什么肥水围绕居民点呈斑点状分布的主要原因。

氮素供给充足的地方,也不一定都能产生硝酸盐并在地层中逐渐累积而形成肥水。在肥水形成过程中,还要求土壤必须具有干湿交替过程和一定的充气条件,以构成较好的氧化环境。只有这样,才有利于硝化细菌的生存和硝态氮的形成。所以,在有肥水储藏的地方,地下水埋深一般多在4~5米或更深一些。而在地势比较低洼、土壤长期充水的低湿地和河流低阶地上,虽然土壤或地下水中的也散发着臭味,但却不见富含硝态氮的肥水,这就因还原环境不利于有机物质的分解和硝酸盐的形成。

硝酸盐的水溶性很强,在地表和土壤上层形成的硝酸盐,除了随地表水流失和被植物及微生物吸收利用者外,其余则随下渗水流流入地下。含硝酸盐的下渗水流到潜水面后,往往沿土壤毛细管上升,成为毛管水,随着毛管水的蒸发,硝酸盐在毛管水上部逐渐浓缩、淀积,经长期积累,就在那里形成了一个富含硝酸盐的土层。当地下水再浸到这一层时,由于溶提作用,增加了地下水中的硝酸盐含量而成为肥水。在地下水位略高一些的地方,携带硝酸盐的下渗水流也可直接进入地下水,经蒸发、浓缩而成为肥水。所以在有硝酸盐来源的地方,还要有适宜的地貌和水文地质条件,即在有利于硝酸盐积存的条件下,才能找到肥水。

根据调查资料分析,地势平缓的平原或盆地,地下径流滞缓,土层渗水性较好。而下部又有不透水层,使含硝酸盐的地下水不致渗漏流失,这些都是肥水储藏的有利条件。吉林省中部平原地区的梨树、怀德、农安、榆树等县,土层深厚致密,潜水位一般在5~10米,水力坡度亦小,这就造成了肥水储藏的有利环境,所以肥水井分布也比较普遍。东部山区和半山区,地面坡降大,切割比较破碎,土层也薄,地表和地下径流速度都较快,对肥水储藏均不利,肥水井也比较少。又如乾安县,地处大平原之中,地势比较平坦,地下水位多在10米左右,水力坡度小,土壤主要为轻壤质碳酸盐黑钙土,下部为棕黄色细砂层,厚度约15~20米,再下为棕黄色亚粘土构成的隔水层,地下径流缓慢,对肥水形成和储藏都十分有利,因而虽然开发历史较短(一般为50年左右),但肥水井仍占调查总井数的一半以上。白城市和洮南镇,虽然开发历史比乾安长,人口也比乾安多,作为硝酸盐补给来源的地面有机物质也比乾安的数量大,但因地处洮儿河下游冲积扇上,虽然地

面坡降不大，亦很少切割，但土壤层一般不超过1米，其下则为砾石层，透水性强，地下径流通畅，不利于肥水贮藏，所以肥水井也就比较少见。

总之，地下水中硝态氮的累积状况，首先取决于硝酸盐补给来源的多少，这是肥水形成的根据。但在硝酸盐来源充足的前提下，还必须有适宜的地形和水文地质条件，才能逐渐累积为丰富的肥水资源，这是肥水形成的必要条件。

三、肥水水质及其在农业生产上的作用

(一) 肥水水质及其评价

肥水是含有较多的硝态氮和其他易溶盐的浅层地下水。透明、无色、无嗅、味苦或咸涩。肥水与一般天然水的区别，在于肥水中含硝态氮的数量较高，用于灌溉有肥效。

根据水样分析结果，吉林省肥水含磷、钾极少，中性至微碱性，PH值在6.5~8.0之间。

肥水中的“肥”，主要是指硝态氮。氮是作物重要营养元素之一，是植物体内蛋白质和叶绿素的主要成分。如果氮素供给充足，则作物植株高大，枝叶繁茂，叶色浓绿，光合作用增强，提高作物的产量和品质。在各种形态的氮素中，硝态氮是作物最易于直接吸收利用的一种。硝酸铵等化肥就含有硝态氮，所以灌肥水的效果和施用硝酸铵等化肥的作用很相似。从农业生产的角度出发，肥水中硝态氮含量越高，肥水水质就越好。根据几年来的调查，吉林省肥水硝态氮含量为15~30克/方（一级）者，占肥水井总数的61.5%，30~50克/方（二级）者，占26.5%，50克/方以上（三级）者占12%，超过100克/方的较少。

凡事都有两重性，肥水也不例外。肥水中含有氮素肥料，是其好的一面；同时它又含有其它易溶盐类，则为不利因素。如果长期用含盐量高的肥水灌溉，特别在地下水位较高，排水条件差的情况下，盐分就会在土壤中逐渐积累，以至危害作物的正常生长和发育。所以肥水的含盐量及其盐分组成，也是评价肥水水质的重要指标。

关于衡量灌溉用水含盐量的指标，各地还没有统一标准。我们初步认为含盐总量在3克/升以下的肥水均可利用。其中含盐量在1.5克/升以下者为优质肥水，1.5~2克/升者为良好肥水，可用来灌溉各种作物；含盐量在2~3克/升者为可用肥水，灌溉时可能产生轻微盐害，应采用合理的灌水技术措施；含盐量3克/升以上的肥水，盐量较重，只有在排水条件良好，并认真采取防止土壤积盐的农业技术措施的情况下才可利用。因为肥水的含盐量中包括了有肥效的硝酸盐，如果将其扣除，总盐量的数值还要低一些，所以这样划分还是比较安全的。根据吉林省168个肥水水样分析（部分数据见表2），含盐量在1.5克/升以下者107个，1.5~2.0克/升的31个，2~3克/升的24个，高于3克/升的仅有6个。用上述标准衡量，95%以上的肥水井都在可利用范围之列，而且多数为优质肥水（占82%）。

关于盐分组成，多采用钠吸附比*来作为评价灌溉水水质的指标。如果灌溉水中钠离

$$* \text{钠吸附比} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) / 2}}$$

式中 Ca^{++} 、 Mg^{++} 、 Na^+ 以各该离子的浓度单位毫克当量/升表示。

表2

肥 水 的 盐 分 组 成

地 点		PH 值	总盐量 (克/升)	硝态氮 (克/方)	阴 离 子 (毫克当量/升)						阳 离 子 (毫克当量/升)			钠吸 附比
县(市)	屯(镇)				NO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	总量	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺ + K ⁺	
梨树	梨树镇	未测	3.92	235.5	16.82	未检出	5.30	11.03	25.34	58.49	35.91	10.35	12.23	2.6
	榆树台	"	3.21	127.4	9.10	"	8.88	9.71	17.17	44.86	28.95	4.24	11.67	3.0
	小城子	"	2.27	81.5	5.82	"	11.87	6.28	5.50	29.47	15.21	4.35	9.91	3.1
	王家窝堡	"	2.41	111.3	7.95	"	7.93	6.54	11.75	34.17	20.26	2.45	11.46	3.4
	小四棵	"	0.96	17.1	1.22	"	7.67	0.74	3.08	12.71	7.51	0.99	4.21	< 2
伊通	西青咀	7.1	0.97	39.8	2.84	"	2.86	3.33	5.16	14.19	4.91	2.96	6.32	3.2
双阳	双阳镇	6.5	3.43	40.0	2.86	"	7.09	21.06	22.94	53.95	26.59	15.51	11.85	2.6
长春	陈家屯	6.4	0.58	43.4	3.10	"	0.09	1.25	3.14	8.39	4.50	1.46	2.43	< 2
农安	合隆	7.1	4.71	120.0	8.57	"	7.20	35.39	18.52	69.68	35.92	9.97	23.79	4.9
	农安镇	7.1	2.11	162.5	11.61	"	5.96	3.20	8.53	29.30	18.58	4.55	6.17	< 2
	伏龙泉	6.9	0.80	72.2	5.16	"	2.71	0.98	1.69	10.54	4.09	4.02	4.43	2.2
	哈拉海	7.2	1.64	68.0	4.86	"	5.98	4.43	8.99	24.26	18.11	6.04	0.11	< 2
九台	龙家堡	6.6	0.73	65.0	4.64	"	1.12	1.03	3.84	10.63	7.19	2.72	0.72	< 2
榆树	保寿屯	6.7	1.22	70.0	5.00	0.20	1.55	5.22	6.27	18.24	14.11	3.93	0.20	< 2
	榆树镇	6.7	0.76	67.1	4.79	未检出	1.17	2.72	1.88	10.56	8.41	1.68	0.47	< 2
吉林	温德	6.5	1.07	70.0	5.00	"	1.88	3.62	5.79	16.29	9.52	5.91	0.86	< 2
永吉	马鞍山	6.4	0.75	26.6	1.93	"	4.20	1.68	2.62	10.43	4.87	2.57	2.99	< 2
	缸窑镇	6.5	1.88	75.0	5.36	"	8.43	6.51	6.70	27.00	14.41	8.61	3.98	< 2
舒兰	红旗	6.8	1.31	70.0	5.00	"	6.65	1.87	4.91	18.43	7.90	6.05	4.48	< 2
前郭	乌兰图	7.1	1.36	68.0	4.86	"	5.59	2.55	3.56	16.59	14.20	1.29	1.07	< 2
	深井子	7.2	1.24	50.0	3.57	"	6.19	3.44	3.86	17.06	12.36	1.24	3.46	< 2
	长岭镇	7.1	1.28	25.1	1.79	"	5.99	5.92	4.50	18.20	13.76	1.46	2.98	< 2
乾安	北正镇	7.2	2.12	25.1	1.79	"	11.09	7.93	11.06	31.87	10.84	12.82	8.21	2.3
	乾安镇	7.4	1.53	65.2	4.66	0.65	9.11	0.42	0.76	21.90	8.82	7.63	5.45	< 2
	为字开	7.3	1.60	60.3	4.31	0.66	9.41	0.72	7.54	22.64	11.42	4.29	6.93	2.5
	兰字开	7.6	2.30	133.0	9.50	未检出	11.55	1.75	10.36	33.16	10.29	15.97	6.90	< 2
磐石	让字开	7.4	1.37	5.46	3.90	"	8.53	0.62	6.03	19.08	8.72	4.13	6.23	2.4
	白水泉屯	7.1	1.07	53.8	3.84	"	4.47	1.88	4.98	15.17	7.94	3.15	4.08	< 2
辉南	榆树叉	7.2	0.61	54.2	3.87	"	1.79	0.72	1.89	8.27	3.77	2.07	2.43	< 2
	靖宇巴里屯	7.1	1.05	26.0	1.86	"	7.86	1.82	2.94	14.48	6.79	3.96	3.73	< 2

子浓度很高，钙、镁离子浓度很低，交换性钠百分率相应增高，灌溉后，土壤吸收性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能由于植物组织中钠的累积而遭到损害。当水中含盐量一定时，钠吸附比越高，则碱化威胁越大；而钠吸附比较高时，碱害则随水中含盐量的增加而加重；如果钠离子浓度大，碳酸根和重碳酸根离子也大时，则碱害严重。仍据吉林省168个肥水水样分析资料，钠吸附比重在4以下的为134个，占80%，其中在2以下者亦有88个，可见碱害很少，或无碱害威胁。

乾安地处东北大平原中部，大兴安岭东麓较大的无尾河——呼林河下游，是各类化学沉积最强烈的地区。境内无河流，多泡沼。由于强烈的蒸发浓缩，地表水（湖、泡）和地下水的矿化度都比较高，显示出大陆盐化的特征，形成了东北有名的乾安碱湖群，并伴以盐碱土的大面积分布。据乾安县70个肥水水样分析结果，其矿化度一般为1.5克/升左右，2.5克/升以上者甚少，盐害不重；钠吸附比值一般在7以下，超过10者极少，而且残留碳酸盐一般在1.25毫克当量/升以下，超过2.5毫克当量/升的也少。加之当地土壤质地较粗（多为轻壤土），灌水后渗漏较快，所以只要适当注意灌水时间和用量，加强田间管理，一般不致发生盐渍化，除个别屯（队）外，也不致发生碱害。乾安镇郊长期灌溉肥水的蔬菜地，未见到土壤剖面中积盐和抑制作物生长的现象，就可说明这一点。省内中部和东部地区，肥水的含盐量和钠吸附比值都比乾安低，梨树、农安等地地下肥水水量又比较丰富，是比较理想的灌溉水源。

（二）肥水的增产作用

肥水中含有作物容易吸收利用的硝态氮，所以用肥水浇灌，既是供水，又是施肥，而且施用方便，肥力均匀，肥效发挥快，增产效果显著。各地经验，用肥水浇灌小麦、玉米、谷子等大田作物和蔬菜，可增产一至数成。

为了掌握在吉林省条件下浇灌肥水的增产效果，自1972年以来，在乾安县让字公社河山大队和大师公社等地多次进行了肥水增产效益的对比试验。在农业技术措施相同，灌水日期和水量完全一致的情况下，浇肥水的作物，由于供给了大量氮肥，长势明显好于对照田。据实地观测，灌肥水后，增加了作物的氮素营养和植株含氮量，茎秆粗壮高大，叶片宽厚，叶色浓绿。小麦的分蘖率提高，有效穗数增加，促进了小穗的分化和形成，从而增加了穗的长度和每穗的籽粒数，千粒重明显提高，秸秆与籽粒比率下降，产量比浇甜水（深层机井水）的增长两成以上（表3、表4）。用肥水浇灌的玉米、谷子等，也是植株

表3 灌溉肥水对小麦生长及氮磷营养的影响*

处 理	植株生长状况				分蘖状况		养 分 含 量		
	株高 (厘米)	叶长 (厘米)	叶宽 (厘米)	叶色	总分蘖 /株	有效分 蘖/株	硝态氮 (P.P.m.)	水溶磷 (P.P.m.)	硝态氮/ 水溶磷
甜 水	79.7	9.4	0.8	黄绿	1.13	1.00	2.5	15	0.16
肥 水	86.9	11.9	1.0	深绿	1.24	1.13	45	12	3.7
肥水、磷肥	91.5	15.5	1.2	深绿	1.75	1.35	35	18	2.0

* 于小麦抽穗期（6月）调查

高大，叶色深绿，茎粗穗大。玉米的空秆率和秃尖率显著降低，产量分别比灌甜水的增加1~2成（表4、表5）。

在灌溉肥水的同时，配合施用磷肥，可促进植株氮磷营养的协调，更有利于增加作物产量。据试验，用肥水灌溉的小麦比用甜水灌溉的增产二成；用肥水灌溉加施磷肥的小麦，更比用甜水灌溉的增产三成半，比用肥水灌溉的增产一成多（表3、表4）。

表4 灌溉肥水对小麦、玉米、谷子的增产效果 (1972 乾安)

作物	处 理	株高 (厘米)	穗长 (厘米)	小穗数/穗	千粒重 (克)	秸秆/籽粒	产 量	
							斤/亩	%
小 麦	甜 水	74.1	4.5	9.8	28.2	2.33	190.2	100
	肥 水	91.1	6.3	12.9	34.1	1.93	230.5	121.2
	肥水、磷肥	97.9	7.0	14.0	36.4	1.56	255.1	134.1
玉 米	甜 水	169	14.9				254.3	100
	肥 水	199	15.9				300.4	118.1
谷 子	甜 水	112	14.6				162.5	100
	肥 水	116	18.9				194.7	119.8

表5 灌溉肥水对玉米、谷子的增产作用 (1973 乾安)

作物	处理	生长期 叶 色	株 高 (厘米)	穗 长 (厘米)	调查株数	空秆数	空秆率	秃尖 穗数	秃尖 率	产 量	
										斤/亩	%
玉 米	甜水	黄绿	167	14.1	76	12	15.8	49	76.6		
	肥水	深绿	183	15.1	101	11	10.9	54	60.0		
谷 子	甜水	黄绿	113	13.2						129.6	100
	肥水	深绿	118	14.7						155.6	120

各地农民群众在长期生产实践中也积累了不少利用肥水的经验，据了解，梨树、榆树台、怀德、农安、伏龙泉等地，用肥水浇谷子、小麦、玉米等，增产都很显著。用肥水浇的菠菜、芹菜等，茎叶肥大而鲜嫩。各地群众对肥水特性和其在农业生产上的作用也有一定认识，如梨树镇园艺大队的社员说，这种水特别适合于浇菠菜，越浇越旺，长的快、叶子大，还特别鲜嫩。并指出，城西（井水含氮量高）的菜就比东头（井水含氮量低些）长的好。怀德镇城厢大队的社员也说，用肥水浇菠菜、芹菜长的特别好，而浇水萝卜不好吃，和施了化肥的一样。乾安县河山大队的群众普遍反映，肥水有劲，用它浇的庄稼长的特别好，比用深井水浇的高一头、深一色，秆也粗、穗也大，准能增产。

四、肥水开发利用中的几个问题

(一) 吉林省肥水分布比较普遍, 有的地区井水含氮量还相当高, 是一项宝贵的资源。其分布虽较分散, 但都围绕居民点分布, 有利于就地开发利用, 遍地开花。而且投资少、见效快, 如能充分利用, 对提高单位面积产量, 促进农业增产有重要的现实意义。在有条件的地方, 应进行肥水资源的普查摸底, 扩大增产示范试点, 逐步推广应用。鉴于肥水分布的特点, 在进行肥水井调查时, 应以屯内原有的民用井为主。

为了加快调查进度, 掌握井水含氮量和确定其等级, 一般采用野外简易化验法——硝酸试粉比色测定法。操作简便, 易于掌握。

(二) 由于肥水属浅层地下水, 含水层一般较薄, 单井出水量往往有限, 如要增加水量, 可以在肥水分布范围内适当多打一些井, 也可以采用打排子井的办法, 井的排列方向应垂直于地下水的流向。对于肥水输水渠道, 应做防渗处理, 以减低消耗, 扩大肥水利用率 and 灌溉面积。

(三) 肥水作为一种氮素肥源, 主要应该用于施肥, 或追肥、抗旱兼用, 而不宜单独用作抗旱。从肥水水质出发, 用高矿化度的肥水灌溉后, 作物易受盐害。用低矿化度而硝态氮含量高的肥水灌溉, 也常常因为氮素供给过多, 其他肥料供应不足而使作物营养失调, 不能正常发育, 甚至造成倒伏贪青晚熟等, 达不到增产目的。尤其旱季, 更不宜单用肥水灌溉。

吉林省中、西部地区, 气候比较干旱, 并有较大面积的盐碱土。这里肥水的矿化度较高, 碱性也比较重, 虽然根据水质分析一般不致产生盐碱危害, 但在利用上亦应注意避开盐碱较重的地块, 并适当控制灌水时间和水量, 增施有机肥料, 加强田间管理, 防止土壤盐渍化, 只有这样, 才能使肥水的作用得到充分发挥, 实现稳产高产。