

江苏省徐州地区肥水*的地理分布

雷文进 肖振华 蔡凤岐 朱洪官 王鹤林

(中国科学院南京土壤研究所)

在毛主席“农业学大寨”的伟大号召指引下,全国许多地区为了广开肥源促进粮棉不断高产,先后开展了肥水资源的调查和开发利用。1971—1972年我们也在江苏省徐州地区进行了井水氮肥资源的调查工作。这项工作是在徐州地区各级党委的领导下,采用群众性普查方法完成的。为了摸清井水硝态氮的形成和分布规律,还在代表地区进行了重点调查。现将肥水的地理分布方面的调查结果汇集如下。

一、肥水的基本特性和形成

肥水所含硝酸盐是井水盐分化学组成的一部分,但不是主要组成部分。从表1可以看出,硝酸盐仅占阴离子总量的1—7%。一般说来,含盐量的高低与硝酸盐含量无一定的比例关系。含盐量高的,不一定硝态氮含量高。但硝酸盐含量较高时,全盐量也有增高趋势。如井水硝态氮含量超过100ppm时,全盐量变动在2.5—3.5克/升之间;硝态氮含量在50—100ppm时,全盐量变动在1.50—2.50克/升之间。而井水硝态氮含量较低时,含盐量的变幅增大。如硝态氮含量为30—50ppm时,全盐量变幅为1.22—3.26克/升;硝态氮<30ppm时,全盐量变幅增大到1.00—3.82克/升。所以硝态氮含量在50ppm以上时,硝态氮愈高,含盐量愈增;硝态氮含量在50ppm以下时,它与全盐量则无明显的消长关系。

出现这种现象的原因也与硝酸盐的形成条件有关。因为硝酸盐的来源主要是动植物遗体、排泄物和废弃物中含有蛋白质的复杂有机物。有机物不断分解、矿化,最终形成 NO_3^- 和 NO_2^- 。这些产物和其他盐分一起经过移动并在地下水中积累到一定程度便形成

表1 不同矿化度井水的盐分离子组成

全 盐 (克/升)	$\text{NO}_3-\text{N}^{**}$			阴离子(毫克当量/升)				阳离子(毫克当量/升)		
	ppm	毫克当量/升	占阴离子%	$\text{CO}_3^{=}$	HCO_3^-	$\text{SO}_4^{=}$	Cl^-	Ca^{++}	Mg^{++}	$\text{K}^+ + \text{Na}^+$
1.00	19.03	0.31	2.9	痕迹	4.27	2.93	2.90	2.40	4.24	3.77
1.22	39.22	0.63	4.0	痕迹	3.96	4.24	4.78	4.10	5.74	3.77
1.52	8.08	0.13	0.8	痕迹	0.19	6.05	2.73	3.10	4.43	8.57
1.74	76.71	1.24	5.4	痕迹	1.74	2.93	17.66	10.55	3.56	8.46
2.00	11.45	0.18	0.9	0.52	6.54	8.61	2.23	2.20	2.18	13.70
2.42	44.99	0.73	2.5	1.11	6.21	4.87	16.32	3.50	15.16	10.58
2.54	96.90	1.56	5.1	痕迹	6.19	8.89	13.56	6.20	10.52	13.48
2.50	136.12	2.19	7.1	痕迹	4.79	9.92	13.88	11.79	6.17	12.82
3.26	32.30	0.52	1.4	痕迹	10.28	0.86	16.30	4.00	13.85	18.11
3.40	158.62	2.56	5.6	痕迹	5.00	14.97	22.90	18.70	7.80	18.93
3.86	0.52	0.01	0.02	1.46	5.86	11.11	27.04	4.40	27.92	13.15

* 肥水是指含有一定数量硝态氮的井水而言。

** NO_3-N 皆指纯氮。

肥水。所以在那些有机物来源丰富的地区,特别是城镇污染较重的地区,随着地下水硝酸盐含量的增高,含盐量也相应增高。但在那些有机物来源较少或污染较轻的地区,地下水的硝酸盐不可能和其他盐类共同增长,以致出现地下水全盐量增高而硝酸盐不一定增高的现象。

肥水形成的这一特性对我们调查和寻找肥水资源是比较重要的根据之一。通过调查,徐州地区肥水分布的集中地区不外以下三种:一为现代城镇村庄居民区,二为古老城镇村庄埋藏区,三为土壤有机物含量较高的地下径流不畅区。前两种实际上是硝酸盐的人为污染区,后一种是硝酸盐的自然积累区。

二、肥水的分布和自然条件的关系

在自然条件下,地下水硝酸盐直接来源于土壤有机物,但它的移动和积累则与地形、水文地质条件等有关。徐州地区按其自然条件可以大运河为界分成东、西两大部分。东部为山前冲积洪积平原,西部为黄泛冲积平原。东西两地自然条件不同,肥水井的分布数量也有差别。一般说东部肥水井分布多,而西部则分布少(见表2)。

肥水分布的东、西差异主要由于自然地理条件的不同。西部黄泛平原区深受黄河南袭影响,成土年龄短,有机质极为贫乏,因而地下水硝酸盐的来源少,肥水井的出现数量亦少。东部山前平原区未受黄泛影响,多分布含有机质量较高的黑土和粘质土壤,硝酸盐的来源较西部多,所以肥水井的分布数也比西部多。

西部黄泛冲积平原因受黄河沉积规律的影响,形成一些不同的地域性自然条件,它对硝酸盐的迁移和积累有较大影响。在决口冲积扇的顶部沉积物较粗,沉积量较大,地势较高,地下水位较低,地下径流通畅,多形成飞沙土和泡沙土。这些土壤易遭风蚀,有机物贫乏,又缺乏硝酸盐积累的条件,所以地下水中硝态氮含量低,肥水井分布数量少。据丰县大沙河西岸的师寨公社李大庄大队邢楼后队的调查资料,该队除三眼井为硝态氮含量>10ppm的肥水井外,其他井水几乎不含硝态氮。丰县、沛县的大沙河两岸和古黄河故道沿岸多属于这一类型。扇形地中部和下部,沉积物较细,地面平坦,地下水位稍高,多形成两

表2 不同自然区肥水分布情况

自然区名	县别	调查井数	非肥水井		肥水井			
			NO ₃ -N<5ppm		NO ₃ -N>5ppm		NO ₃ -N>10ppm	
			井数	占调查井%	井数	占调查井%	井数	占调查井%
黄泛平原	沛县	7676	7185	93.6	491	6.4	163	2.1
	丰县	11794	10793	91.5	1001	8.5	243	2.1
	睢宁	6029	5062	84.0	967	16.0	174	2.9
	合计	25499	23040	90.4	2460	9.6	580	2.2
低丘平原	铜山	4373	2910	66.5	1463	33.4	389	8.9
山前平原	邳县	1409	1039	73.7	371	26.3	103	7.3
	新沂	534	349	65.4	185	34.6	29	5.4
	赣榆	318	171	53.4	85	46.6	46	15.1
	东海	156	71	45.8	148	54.3	48	29.5
	合计	2417	1629	67.4	789	32.6	226	9.3

合土和花碱土。这些土壤有机物含量也低,故肥水井分布数量亦少。扇前洼地,地势较低,地面水多汇集于此,同时地下水位较高,地下径流滞缓,沉积物以粘土为主,多形成淤土。这种土壤有机物含量略高,硝酸盐积累条件适宜,所以硝态氮含量和肥水井分布数量比沙土与两合土地区略高。蒲庄大队主要分布着沙土,但在中心有一浅洼地,以淤土为主。硝态氮含量 $>5\text{ppm}$ 的等值线大体与淤土界线相一致。界线以外井水或不含硝态氮,或仅含 $1-2\text{ppm}$ 的硝态氮。以上情况说明,徐州地区西部固然有机物来源较少,但由于土壤,地形,文水地质条件不同,硝酸盐的积累条件因之而异,所以出现沙土区肥水井较少和淤土区较多的分布特点。

徐州地区东部四县多属山前冲积洪积平原和部分丘陵岗地。其主要特点是,未受黄河冲积影响,土壤多为黑土*和一些有机质含量较高的潮土。土壤有机质含量多在 1.5% 左右。垦前多属有机质含量更高的沼泽土或草甸土。总的说来,有机物和硝酸盐的来源比西部高得多,同时,土层 $5-10$ 米处普遍有不透水层分布,因而硝酸盐易于积累,肥水井出现数量较多。

三、肥水的分布与城镇居民点的关系

徐州地区肥水的分布除受自然条件影响外,还受古代和现代城镇村庄居民区的人为活动影响。居民点是人们生活的基地,因而也是人畜粪便、废弃物、污水等含氮有机物来源最丰富的地区。这里硝酸盐的积累不仅速度快,而且数量多。在人们长期的生产和生活活动影响下,城镇居民点便形成高浓度硝酸盐积累的肥水分布区。根据调查资料证明:居民点愈大,肥水井分布范围愈广;居民点愈古老,硝酸盐的含量愈高。这从图1可以得到证明。邳城镇系邳县县城旧址,历史悠久,所以肥水分布范围广,硝态氮含量高。城中心一带地下水硝态氮含量 $>100\text{ppm}$,由中心向外含量依次降低,至城外皆在 10ppm 以下。这种分布状况可称为硝酸盐的环状分布规律。其它中小城镇和大村庄多呈片状分布,小村庄则呈点状或零星分布。此外在古城、古镇、古庄的遗址上也可以发现片状或点状的肥水分布规律。

肥水在城镇内和城镇外的分布状况可以用土井和机井的调查资料间接予以证明。所谓土井一般指吃水井和菜园井,主要分布在村内或附近。机井是指大田灌溉井,多分布在村外。从表3可以看出,全地区土井硝态氮含量 $>5\text{ppm}$ 的井数百分数达 20.4% , $>10\text{ppm}$ 的达 6.8% ;而机井则分别为 11.8% 和 2.7% 。土井肥水井数比机井高出一倍左右。这充分说明城镇村庄是徐州地区肥水资源最主要的分布地区。

从表3还可以看出,不论土井还是机井的肥水井比例都是西部(前四县)低,东部(后四县)高。这主要是黄河南迁造成的。由于西部四县受黄泛影响,致使许多村镇迁移和重建,现代的村镇历史较短,人为活动影响程度较轻,所以地下水硝态氮的积累量少。而东部地区则相反。

四、硝态氮在井水水层和土层中的分布特点

了解井水硝酸盐的分布状况时,不仅要了解表层水的分布特点,而且也要了解它的

* 黑土是当地群众的土壤名称,即淮河流域普遍分布的砂僵土或青黑土。

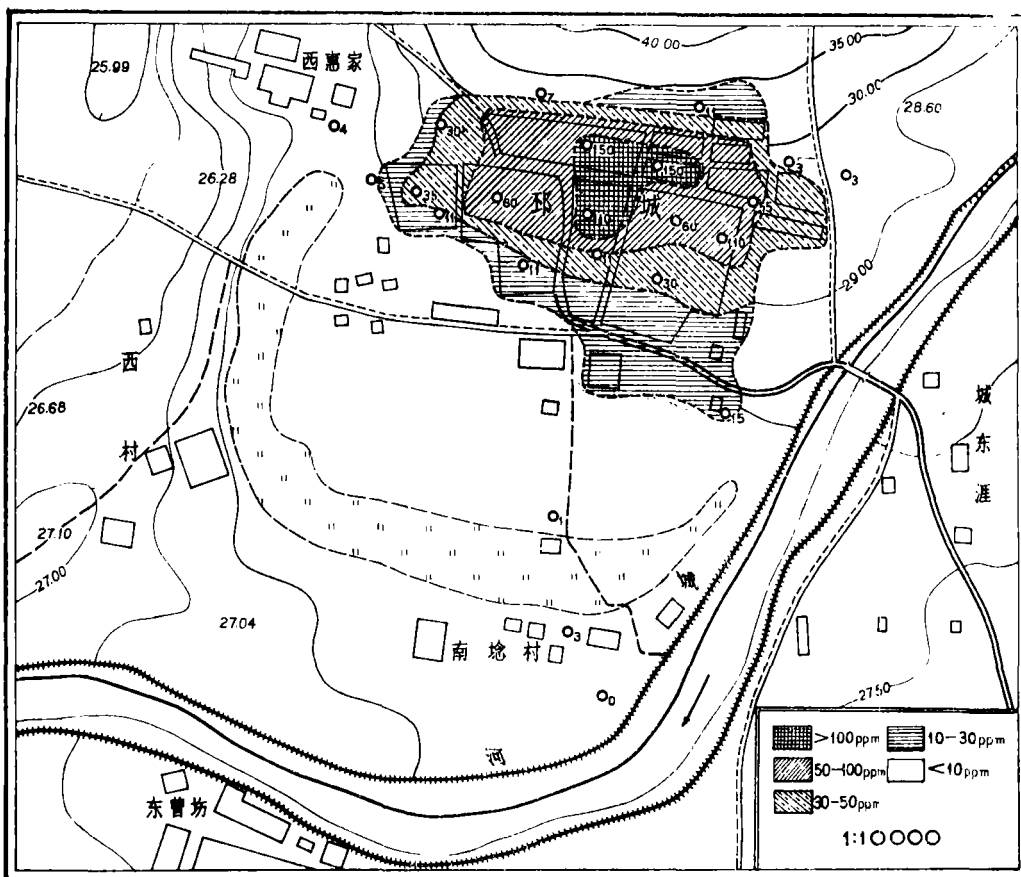


图1 邳县邳城镇井水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量分布图

注：图中 O_{15} ， O_{60} 等表示该处肥水井的硝态氮含量为 15 ppm，60 ppm 等。

表3 土井、机井肥水井数比较

县 别	土 井						机 井					
	调查井数	$\text{NO}_3\text{-N} > 5\text{ppm}$		$\text{NO}_3\text{-N} > 10\text{ppm}$			调查井数	$\text{NO}_3\text{-N} > 5\text{ppm}$		$\text{NO}_3\text{-N} > 10\text{ppm}$		
		井数	%	井数	%			井数	%	井数	%	
丰县	3939	506	12.8	144	3.7		7855	495	6.3	99	1.3	
沛县	2002	174	8.7	66	3.3		5674	317	5.7	97	1.7	
铜山县	2132	812	38.0	268	12.6		2241	651	29.0	221	9.9	
睢宁县	1909	387	20.3	104	5.4		4120	580	14.1	70	1.7	
邳县	143	94	65.7	52	36.4		1266	271	21.4	51	4.0	
新沂	57	30	52.6	12	21.1		485	155	31.9	17	3.5	
东海	58	45	77.6	29	50.0		98	40	40.8	15	15.3	
赣榆	81	54	66.7	29	35.8		237	94	39.7	19	8.0	
合 计	10321	2102	20.4	704	6.8		21976	2603	11.8	589	2.7	

全水层垂直分布特点。由于地下水中的硝酸盐多来源于地表，所以还需要了解土层硝酸盐的积累和分布特点。这样可以帮助我们找出肥水的形成规律，发现肥水的层位，协助我们较准确地开发利用地下氮肥资源。

(一)硝酸盐在井水水层中的垂直分布特点。

根据野外分层取样分析资料，不同水层不仅含盐量不同，硝态氮含量也有分异现象。如果以硝态氮含量 $>10\text{ppm}$ 的井水厚度作为标准，则可区分为薄、中、厚三个肥水井类型。

1. **薄层肥水井：**井水中含硝态氮 $>10\text{ppm}$ 的水层厚度小于15米，其余水层小于 10ppm 的称为薄层肥水井(见图2)。这类肥水井的特点是，表层水硝态氮含量高，中下部无硝酸盐的积累现象。它的形成显然是现代地面硝酸盐向下移动和积累的结果。表层水含硝态氮的高低和肥水层的厚度直接与地面硝酸盐含量多少有关。曲线3测于沛县城内，地下水污染较重，所以 $>10\text{ppm}$ 的肥水层厚度达15米左右，表层水硝态氮含量高达40—50ppm。其他曲线皆位于村外距村约400—500米处，地面有机物来源少，所以肥水层的厚度更薄，含量也低。由于这类肥水井属表层含肥型，抽水时硝态氮可迅速降低，所以它也属于不稳定的含肥类型。如赣榆县城南公社吕庄大队的薄层肥水井，1972年6月测

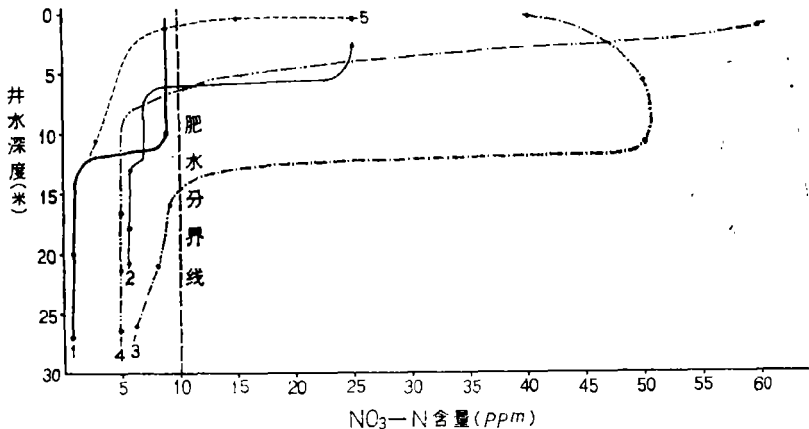


图2 薄层肥水井硝态氮垂直分布图

1. 邳县四户公社道口大队村北500米处机井。
2. 丰县师寨公社史小桥大队史庄北400米处机井。
3. 沛县城关邮电局宿舍机井。
4. 沛县郝寨公社郝寨大队第八队庄西500米处机井。
5. 新沂县炮车公社新新大队张圈机井。

定硝态氮为 30ppm ，以后连续抽水，7月22日测得 25ppm ，7月24日为 20ppm ，8月3日为 7ppm ，到8月12日已下降至 5ppm 。

2. **中层肥水井：**井水中硝态氮含量 $>10\text{ppm}$ 的水层厚度占井水水深的三分之二左右(见图3)。这种肥水井一般是上部和中部含量高，有的以中部最高(如1号和3号曲线)。它的成因除来源于地面的硝酸盐外，中部增高恐与古埋藏硝酸盐层的存在有关。因为目前的地下水位(潜水)仅在5米附近，地面硝酸盐不可能穿过潜水层而达承压水层。图3

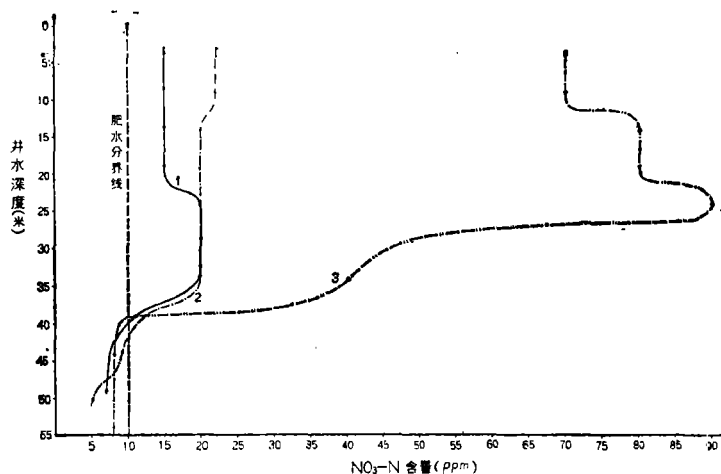


图3 中层肥水井硝态氮垂直分布图

1. 睢宁县朱楼公社长青大队孙庄二队机井。
2. 丰县沙河果园杨集大队第一队庄东南400米处机井。
3. 丰县师寨公社李大庄大队邢楼后队庄北50米处机井。

3号曲线上部5米含硝态氮为70ppm,中部20—30米高达90ppm,如果中部没有埋藏硝酸盐层是会出现这种情况的。这种肥水井,由于肥水层较厚,其中硝态氮含量高的,在抽水时硝态氮含量不会迅速下降。

3. 厚层肥水井: 从井水面至井底硝态氮含量均在10ppm以上。从图4可以看出,硝态氮在水层中的分布有三种情况,即上高下低、上下相近、上低下高。此种肥水井一般皆以中层出水量最大,该层含氮量的高低往往影响抽水期的含氮量。如1号曲线上部含量为20ppm,中部为25ppm,下部为35ppm,抽水一个月后含量一直稳定在25ppm左右。

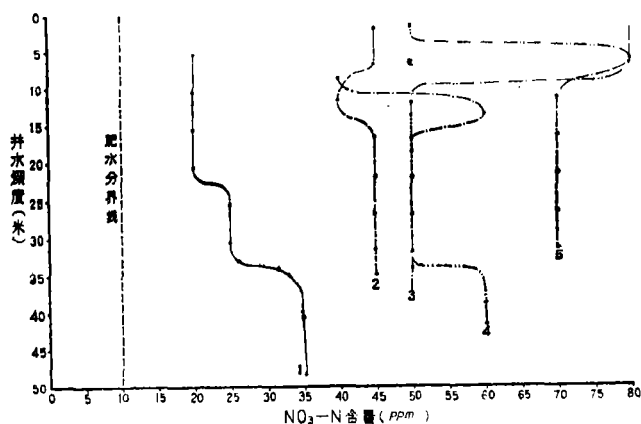


图4 厚层肥水井的硝态氮垂直分布图

1. 睢宁县梁集公社王瓦大队车店前队庄西200米处机井。
2. 睢宁县官山公社张洪大队新庄队庄南60米处机井。
3. 睢宁县官山公社张洪大队王环队庄东北50米处机井。
4. 丰县宋楼公社花厂机井。
5. 沛县郝寨公社郝寨大队第八队庄西300米处机井。

(二)硝酸盐在土层中的垂直分布特点。

在讨论这个问题时先要指出,由于我们野外工作中没有钻机设备,所以对深层土样未能研究。现仅根据三个土井土层分析资料进行说明。三个土层剖面仅限于潜水面以上土层。它的变化情况仅反映浅井水含肥状况。

图5中1号曲线代表西部砂土区砂性土壤中的硝酸盐垂直分布情况。前面已经提到这个地区由于地面含氮有机物来源少,井水硝态氮含量一般不高。土层剖面分析结果也是这样,硝态氮除表土0—10厘米含量达6ppm外,其他土层皆在0.5—2ppm。土层硝酸盐的含量受砂性土壤影响,不出现明显的硝酸盐积累层,仅在地下水出露的3米上下含量略高。曲线2和曲线3均位于村镇内部。它们的共同特点是有机物来源最多,上部土层硝态氮含量特高,中部有硝酸盐积累层。不同的是2号曲线位于菜园地上,由于长期大量施用人粪尿,表土半米内硝态氮含量高达260ppm。3号曲线分布于古镇中心,硝酸盐的来源多且历史久,所以上部2米土层内硝态氮含量达120—180ppm,含肥层厚度较前者大四倍。

从以上分析可以看出,肥水井内硝态氮的剖面分布情况取决于土层中硝酸盐的剖面分布状况。土层中硝酸盐的积累层位一般多在潜水位常年变化的粘性土层中。地下水位高的,积累层部位可能高,地下水位低的,积累层部位可能低。积累层硝态氮含量与表土层硝态氮含量成正相关。因而表土层硝态氮的含量可以作为判断肥水存在的一个间接指标。

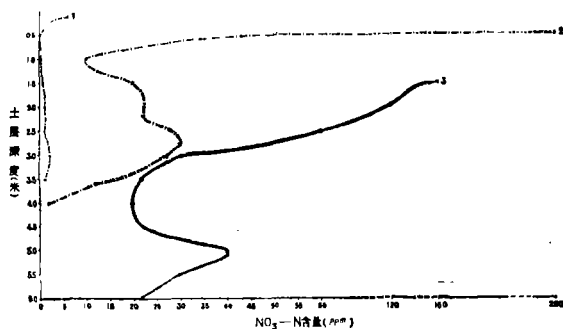


图5 潜水带土层硝态氮垂直分布情况图

1. 沛县栖山公社刘庄大队庄外沙土剖面(井水 $\text{NO}_3\text{—N}$ 含量为 1 ppm)
2. 邳县白埠公社白埠大队庄内菜园土剖面(井水 $\text{NO}_3\text{—N}$ 含量为 90 ppm)
3. 邳县四户公社供销社院内淤土剖面(井水 $\text{NO}_3\text{—N}$ 含量为 180 ppm)

五、肥水灌溉的增产效果

肥水资源的调查主要是为了开发使用,促进棉粮增产。1972年我们在普查的同时还总结了群众利用肥水灌溉的增产效果。

例如,邳县白埠公社白埠大队第二生产队,有两块菜园地。一块用含硝态氮90ppm的井水灌溉,一块用含硝态氮9ppm的井水灌溉60天后,前一块黑白菜株高为54厘米,每棵重216克;后一块的株高为22.8厘米,每棵重仅26克。前一块的黑白菜比后一块的单株增产8.3倍。

又如赣榆县城南公社吕庄大队在1972年进行了水稻的灌溉对比试验。在土壤、施肥、作物品种和耕作管理大致相似的条件下,一块用不含硝态氮的河水灌溉,一块用含硝态氮约25ppm的井水灌溉(生长期硝态氮含量曾有所下降)。收获后,前一块田实收水稻560斤,后一块实收698斤。肥水与河水对比,增产达22.8%

肥水资源普查以后,各地群众对现有井水的含肥情况已有初步了解,但如何充分利用已发现的含肥水井,并有计划的开发新的肥水井却是我们今后在农业生产和水利建设上的重要任务之一。

孟庄盐碱土性质及其种稻效益

中国科学院南京土壤研究所孟庄点

江苏省铜山县张集公社孟庄大队原来盐碱地面积占总耕地面积的70—80%,近几年来,通过挖沟排水,翻压绿肥和种植水稻等措施,有效地改变了盐碱地,使盐碱地面积大为缩小,盐碱程度也显著减轻。现在除邻近水稻田的二坡地上和湖洼地中有个别盐碱斑外,一般土壤中盐碱对作物生长已无多大影响。

为总结群众改良盐碱地经验,1972年我们曾进行了调查并布置了种稻改良试验,现将初步资料,汇总于后。

(一)盐 碱 土 性 质

孟庄大队位于徐淮地区废黄河南岸的泛滥平原上,由于气候干旱、地形平坦和排水不畅等不利的自然条件的综合影响,土壤普遍存在盐渍过程。其特点为:(1)土壤积盐量都较小,盐分多累积于地表数厘米,表层往下,盐分含量急剧下降,一般都小于0.1%;

表1 卤碱与瓦碱的可溶性盐分组成

土壤 类型	采集 地点	采集深度 (厘米)	全 盐 %	阴离子毫克当量/100克土					阳离子毫克当量/100克土		
				CO ₃ =	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	总 量	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺ + Na ⁺
瓦碱	孟庄 第三 生产 队东 湖地	0—2	0.108	0.69	0.53	0.29	0.19	1.70	0.03	0.03	1.64
		2—23	0.147	0.58	0.47	0.56	0.68	2.29	0.02	0.02	2.25
		23—52	0.051	0.08	0.48	0.18	0.14	0.88	0.05	0.02	0.81
		52—83	0.041	/	0.36	0.06	0.09	0.51	0.10	0.06	0.35
		83—92	0.032	/	0.42	0.05	0.06	0.53	0.16	0.09	0.28
		92—140	0.027	/	0.27	0.07	0.08	0.42	0.13	0.08	0.21
		地下水*	0.402克/升	1.28	5.58	0.86	0.19	7.91	0.60	3.29	4.02
卤碱 (氯化物盐土)	孟庄 第六 生产 队西 湖地	0—2	1.646	/	0.11	20.06	5.29	25.46	2.62	5.70	17.14
		2—12	0.209	/	0.18	2.31	0.65	3.14	0.38	0.50	2.26
		12—23	0.100	/	0.23	1.10	0.16	1.49	0.17	0.18	1.14
		23—40	0.087	/	0.27	0.91	0.23	1.41	0.16	0.21	1.04
		40—67	0.072	/	0.26	0.72	0.14	1.12	0.15	0.18	0.79
		67—105	0.039	/	0.26	0.30	0.08	0.64	0.12	0.08	0.44

* 地下水离子含量为毫克当量/升