

沿海地区高矿化地下水的成因及其演变规律

张 文 渊

(江苏省国营淮海农场·盐城市·224354)

摘 要 该文根据实例对沿海盐碱土地区高矿化地下水的形成和演变进行了观测研究,并结合有关海洋、地质、水文、气象等资料,就其成因和演变规律进行初步探讨,对沿海土地资源的开发利用有着直接的指导作用。

中图分类号: S273.4

关键词: 高矿化地下水 基本成因 演变规律 沿海地区

Formation and Evolution of High Mineralized Underground Water in Coastal Region

Zhang Wenyuan

(The Huaihai State-operated Farm of Jiangsu Province, Yancheng City, Jiangsu Province, 224354, PRC)

Abstract The formation and evolution of high mineralized underground water in coastal saline-alkaline region were measured and studied according to the concerned material of oceanography, geology, hydrology and meteorology etc. It could play an important role in supervising the exploitation and utilization of coastal land resources.

Keywords: high mineralized underground water; basic cause; evolution law; coastal region

江苏海岸带北起绣针河,南至长江口北岸,岸线全长 737.5 km。居长江、淮河、黄河下游,土壤成土母质系由长江、淮河、黄河的冲积物渲泄入海,再经海浪的激荡作用在沿海沉积成陆。由于受高矿化地下水的影响,土地盐碱化严重,地上和地下淡水资源缺乏,成了农牧业生产发展的主要问题。因此,对高矿化地下水的动态和特性进行观测研究,弄清其基本成因和演变规律,对沿海盐碱土地区土地资源的开发利用和农牧业生产的发展有其重要意义。江苏省国营淮海农场位于淮河下游,苏北灌溉总渠尾闸两岸,江苏海岸带的中部偏北,东临黄海,具有明显的海洋性气候特点,属高矿化地下咸水带,土壤类型和土壤特性在整个江苏沿海地区具有广泛的代表性。这里地势平坦而低洼,地面高程 0.9~1.2 m(以废黄河为零点),土层深厚,对发展农牧业生产具有较大潜力。下面就淮海农场高矿化地下水的形成和演化规律进行初步探讨。

1 原生高矿化地下水的化学特征和形成

1.1 原生高矿化地下水的化学特征

对于潮间带形成初期,其上部水层尚未发生演变的高矿化地下水,称其为高矿化地下水。原生高矿化地下水的化学特征是:盐分组成与海水大致相同,但矿化度高于一般海水(见表 1)。

表1 原生高矿化地下水化学特征

m mol/L

取 样 地 点	矿化度 (g/L)	m mol/L							
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Cl ⁻ 占总量 (%)	SO ₄ ²⁻	阴离子 总量	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ +Na ⁺
海水(黄海水)	24.67	3.98	381.17	93.92	20.69	405.84	7.26	39.88	331.96
淮海农场 19 大队潮间带	59.80	3.30	969.52	96.43	32.57	1005.39	11.24	80.95	853.86
淮海农场 27 大队潮间带	136.92	6.60	2186.33	95.36	99.87	2292.80	28.36	256.46	1823.04
淮海农场垦殖队潮间带	163.13	5.53	2670.55	96.22	99.25	2775.33	30.21	345.85	2122.47

由表1可以看出:原生高矿化地下水的矿化度均高于海水矿化度的2~5倍,一般都在50 g/L~100 g/L~150 g/L,而有的地方竟高达200 g/L,是海水矿化度的6~8倍,其盐分组成均以氯化物为主,占总含盐量的90%以上,水化学类型为Cl-Na和Cl-NaMg型。

1.2 原生高矿化地下水的基本成因

自1995年秋季开始,笔者选择了日潮区、月潮区、高潮区地形部位区分明显的7分场垦殖队潮间带对原生高矿化地下水的基本成因问题进行了定期、定位取样观测,分析结果见表2。

表2 潮间带不同地形部位与原生高矿化地下水的关系

m mol/L

观测日期 (年 月)	取样地 形部位	矿化度 (g/L)	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ +Na ⁺
199509	潮 日潮区	54.22	666.72	5.59	36.64	9.96	97.06	731.55
	间 月潮区	153.70	2693.40	6.19	19.71	14.94	328.52	2051.91
	带 高潮区	189.99	3149.21	4.39	97.56	19.67	386.78	2540.32
199606	潮 日潮区	55.87	896.55	5.28	38.86	11.31	94.88	748.62
	间 月潮区	155.63	2510.68	3.31	99.97	22.84	259.19	2149.89
	带 高潮区	163.29	2637.23	5.54	99.35	30.24	346.20	2124.61
199609	潮 日潮区	57.46	922.22	4.28	39.93	12.49	94.56	792.26
	间 月潮区	131.04	2510.09	5.05	50.10	10.29	271.42	1952.22
	带 高潮区	173.51	2668.43	5.64	81.94	19.84	344.18	2907.52
199705	潮 日潮区	83.32	1338.40	4.03	50.37	20.52	147.39	1143.66
	间 月潮区	145.01	2318.73	5.23	105.71	18.66	276.74	1944.52
	带 高潮区	205.37	3117.08	4.19	103.23	18.66	390.54	2509.34

由表2可以看出:高矿化地下水的基本成因主要是通过潮间带,沿海沉积物所储存的海水、地下水经长期强烈蒸发、浓缩、土层积盐、海潮补给、淋盐等过程,而逐步形成原生高矿化地下水。笔者认为与黄海的古地质构造和近代河流沉积密切相关。江苏海岸居长江、淮河、黄河下游,土壤成土母质系由长江、淮河、黄河的冲积物渲泄入海,再经海浪的激荡作用,在沿海沉积成陆而形成宽阔的潮间带,为原生高矿化地下水在潮间带的积存、形成提供了重要的地质条件。

江苏沿海处于亚热带向温带过渡的气候带,多年平均降水800~1100 mm,自北向南递增,多年平均水体蒸发2000~1100 mm,自北向南递减。年蒸发量大于降雨量,为海水在潮间带存积、蒸发、浓缩提供了热力学条件。

由于以上沉积和蒸发条件的存在,海潮在宽广的潮间带上往复涨潮、落潮时,将大量的盐分随海水渗透到潮间带堆积层中;落潮后,潮间带的地下水便处于蒸发浓缩的过程中,如此长年累月,往复不停地进行着,便通过蒸发浓缩而形成高矿化地下水。

2 高矿化地下水的演变

为了改良土壤,探索建立“最小有效厚度淡化层”的科学依据,笔者对淮海农场盐碱土地区高矿化地下水的垂直向分布及演变状况进行了定位观测,认为土壤盐碱化的状况与地下水的状况密切相关。

2.1 高矿化地下水的垂直向分布及演变状况

根据在潮间带对原生高矿化地下水的观测获知,高矿化地下水在潮间带形成的初期,其上部高矿化水层是很少有演变现象的,但当其脱离潮间带范围后,在降雨的作用下,便开始进入演变的过程(见表 3)。

表 3 高矿化地下水垂向分布和演变状况

m mol/L

取 样 地 点	地下水埋深(m)	矿化度(g/L)	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ +Na ⁺
观测井 03 [#]	0.1	15.89	9.50	247.16	9.45	10.26	29.96	195.13
	5	34.91	9.72	526.40	19.46	10.14	70.03	449.57
	10	65.59	8.20	1112.96	20.76	15.27	139.43	851.28
	15	74.44	8.20	1263.96	23.42	17.17	158.13	968.37
观测井 04 [#]	0.1	12.68	7.26	196.83	7.46	8.47	23.17	155.76
	5	32.66	6.59	530.83	19.33	18.43	73.13	392.92
	10	74.04	6.66	1215.25	41.35	22.05	155.27	949.98
	15	88.55	6.95	1491.10	34.62	22.54	187.40	1147.42
观测井 07 [#]	0.1	20.49	6.82	312.43	16.42	15.83	35.62	294.11
	5	50.13	7.39	861.77	38.34	20.12	154.28	593.27
	10	76.94	7.98	276.89	37.85	23.28	165.22	986.56
	15	81.15	7.59	1351.14	37.60	22.63	173.24	1042.20

由表 3 可以看出其层次演变状况,上部为淡化开始层,其下部为过渡层,过渡层之下为高矿化层。当然,这种层次上的区分,在不同地点和条件下,其演变趋势常有快慢和程度不同的区别。因此,高矿化地下水的垂直向分布和演变状况,是受渗入到地下水的淡水量、降雨、灌溉、地形、地貌、潜水埋深和地下径流以及土体构型等因素制约的,尤其受人们在生产活动中所采取的农业耕作措施影响最大。

2.2 高矿化地下水演变为浅层地下淡化水

在江苏沿海雨季降水集中这一气候条件下,高矿化地下水在一定的地形、地貌和农业措施的影响下,可逐步地演变成为浅层地下淡化水。

由淮海农场调查结果表明:在土地平整、农田工程配套、地下水位埋深大、土质和土壤结构性良好的农田或地段,均有着不同淡化程度的浅层地下淡化水存在(见表 4)。

表 4 高矿化地下水演变为浅层地下淡水调查结果

m mol/L

取 样 地 点	地下水 深 (m)	矿化度 (g/L)	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ +Na ⁺	水化学类型
淮海农场 14 大队	2.50	0.93	6.81	5.87	0.25	1.47	0.74	8.76	HCO ₃ ⁻ Cl ⁻ NaCa 型
淮海农场 19 大队	3.00	1.59	11.74	9.19	0.50	0.92	1.75	16.60	HCO ₃ ⁻ Cl ⁻ NaCa 型
淮海农场 20 大队	2.30	2.86	13.14	29.56	0.74	3.21	2.72	32.31	Cl, HCO ₃ Na, Ca 型
淮海农场 21 大队	2.00	3.44	5.86	53.05	0.20	6.41	6.90	32.71	Cl, HCO ₃ Na $\begin{matrix} \text{Mg} \\ \text{Ca} \end{matrix}$ 型
淮海农场 27 大队	2.50	3.46	6.04	52.83	0.25	4.42	6.62	37.29	Cl, HCO ₃ ⁻ Na, Mg 型
淮海农场 28 大队	2.50	3.27	39.48	4.19	4.00	2.51	3.62	39.50	HCO ₃ ⁻ SO ₄ ²⁻ Na, Ca 型
淮海农场 34 大队	2.30	4.08	9.74	28.21	7.61	1.72	1.72	56.28	Cl, SO ₄ ²⁻ Na $\begin{matrix} \text{Mg} \\ \text{Ca} \end{matrix}$ 型
淮海农场 36 大队	2.20	4.23	8.92	47.84	7.59	4.55	10.41	42.02	Cl, SO ₄ ²⁻ Na $\begin{matrix} \text{Mg} \\ \text{Ca} \end{matrix}$ 型

由表 4 可知: 在高矿化地下咸水带上, 高矿化地下水上部随着淡化层的形成, 其矿化度一般可淡化 2.5~3.0 g/L 左右。因此高矿化地下水在良好的自然条件和人工措施作用下, 在淡化层次分离的基础上, 能够进而转化为浅层地下淡水。根据高矿化地下水这一演变规律, 在土壤改良方面, 提出建立“最小有效厚度淡化层”的指标, 以抑制土壤返盐。由淮海农场调查结果表明: 凡是地下有着 1.0~1.5 m 厚的淡化层的农田, 土壤脱盐的效果都是良好的, 而且在干旱时期, 浅层地下淡化水可作为一种淡化水资源利用。

2.3 抽排对高矿化地下水淡化层形成速度的影响

在雨季 7~9 月多年累计降雨达 555.4 mm 的条件下(多年平均降雨 1 014 mm), 通过观测井分层取样的方法, 抽排对高矿化地下水淡化层形成速度的影响进行了观测(见表 5)。

表 5 抽排对高矿化地下水淡化层形成速度的影响

m mol/L

取 样 时 间 (年 月 日)	取 样 深 度 (cm)	抽排区观测井 06 [#]				非抽排区观测井 05 [#]			
		矿化度 (g/L)	淡化率 (%)	Ca ²⁺ Na ⁺ + Mg ²⁺	Cl ⁻ :SO ₄ ²⁻	矿化度 (g/L)	淡化率 (%)	Ca ²⁺ Na ⁺ + Mg ²⁺	Cl ⁻ :SO ₄ ²⁻
	表层	8.97		6.56:1	33.80:1	17.76		5.22:1	121.30:1
1997	50	11.30		7.82:1	45.12:1	17.51		5.22:1	103.50:1
0610	100	20.52		5.36:1	44.62:1	19.89		5.18:1	96.20:1
	150	30.83		2.74:1	27.48:1	25.73		5.20:1	44.72:1
	表层	5.36	40.01	5.78:1	15.20:1	17.01	4.15	4.10:1	28.42:1
1997	50	5.44	51.87	5.50:1	21.54:1	17.61	-0.57	4.08:1	27.04:1
0825	100	7.24	64.56	5.30:1	26.70:1	20.95	-5.31	4.00:1	27.12:1
	150	15.11	50.98	4.18:1	33.98:1	26.07	-1.40	4.16:1	25.52:1

由表 5 可知: (1) 抽排可有效地降低地下水位, 潜水位下降, 增大了地下库容, 可增加淡水入渗量, 并起到“活化”地下水的作用。因此, 淡化层形成的比较快, 雨季前和雨季后对比其淡化的趋势, 表现为深层淡化率高于表层, 达到了 40%~50% 以上, 淡化的效果是良好的。同时可以看出, 随着矿化度的降低和淡化率的增高, 其盐分组成的比例关系也发生了明显的变化: 表层至 1.0 m 水深处 Cl^- : SO_4^{2-} 之比有着明显的降低, Na^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+} 之比也有明显的降低, 说明水质有了明显改善。(2) 非抽排区, 由于地下水位自然降深小, 地下水处于“死水”状态, 仅表层水有着 4.15% 的淡化; 表层以下水层反而有着矿化度增高的趋势, 仅盐分组成随着重力水的移动而有较好的变化。分析其表层以下矿化度有增高的原因, 是由于土壤盐分在下移过程中给予的盐分补给。由此可以认识到: 在返盐季节, 高矿化地下水对土壤进行垂直向上的水盐补给; 到了雨季, 土壤盐分又随着重力的下移, 对地下水又给予垂直向下的盐分补给。这种恶性循环, 是导致非抽排情况下, 土壤脱盐慢和效果不巩固的原因。

3 淡化层与地植物的关系

高矿化地下水的淡化层, 包括着不同淡化程度的浅层地下淡化水。在江苏沿海盐碱土咸水带地区, 高矿化地下水形成或未形成这层淡化水, 其水层厚度大小或淡化程度如何, 均能直接影响着土壤脱盐或积盐的方向, 影响着土壤改良的进程和效果, 因而也直接影响着沿海盐碱地上的植物景观。因此可以利用地植物景观来分析判断高矿化地下水淡化层形成的状况如何。一般地说, 在沿海盐碱地区, 凡是有植物绿洲存在和出现的地方, 高矿化地下水层上部均存在着不同淡化程度的淡化层。

江苏沿海盐碱地区地植物景观大体是这样的: (1) 在近海地带, 地植物景观主要是以盐生植物群落为主, 如盐蒿、獐茅草等植物占据着很大的地域, 构成了盐生植物生态系统。这种植物景观表明: 土壤含盐量一般在 0.4% 以上, 土地盐碱化严重, 地下咸水带上部尚未形成矿化度较低的“淡水层”; (2) 在长江、淮河、黄河等河流入海口附近地带, 地下咸水带被河流淡水所覆盖, 地上很快长满了自然生草地植物景观, 主要以茅草、小芦苇等草本植物为主, 构成了一种天然绿洲生态系统。这种景观表明: 土壤盐碱化程度轻, 地下有着较好的淡化层; (3) 沿海垦区, 地植物景观主要以各种农作物和林木为主。这种景观表明了除少数盐斑地之外, 大部分土壤已脱盐至 0.3% 以下, 土地已基本摆脱盐碱化状况, 地下咸水带上部已形成较好的淡化层。所以, 在沿海盐碱地区可以利用地植物景观, 在宏观地域上作为分析判断和寻找浅层地下淡化的依据。

4 结 语

(1) 潮间带的沉积、海水的潮汐补给、蒸发浓缩等因素综合作用, 是江苏沿海高矿化地下水的根本成因。

(2) 当原生高矿化地下水脱离潮间带的范围后, 在自然降雨或人工措施影响下, 其上部逐渐演化出淡化程度不同的淡化层, 朝着转化为浅层淡化水的方向发展。良好的农业措施也可以加速淡化层的形成。

(3) 为了防止土壤返盐和巩固土壤改良效果, 可建立“最小有效厚度淡化层”的土壤改良技术指标。

(4) 采用农田工程措施, 加速高矿化地下水淡化层的形成。