

# 山西省涑水河流域的盐渍土

山西省水利科学研究所

涑水河流域位于山西省西南部，流域内分布很多盐渍土，多集中在运城洼地及闻喜县十里碱滩、夏镇的大洋滩、苗村滩及其他低洼地区。由于灌溉事业发展中灌排系统没有配套和灌溉方法不尽合理，盐渍土的面积不断扩大，给当地农业生产及人民生活带来莫大的威胁。但是，不可否认涑水河流域内盐渍土的迅速扩大与其特有的自然条件有着紧密的关系，如不明悉盐渍土的类型及其形成条件，难以彻底治理。

## 一、涑水河流域盐渍土的形成条件

涑水河流域是在第三纪喜马拉雅运动中，中条背斜轴部发生断陷而形成的地槽式盆地，盐渍土主要分布于盆地中。由于断层的西南端下陷幅度小，而东北下陷较大，因此，涑水河出口一直不通畅，在第四纪初形成巨厚的三门期湖相沉积。继后，气候渐趋干热，湖水渐干，湖面缩小，形成石膏砂层及盐水。经过上更新世新构造运动的影响，中条山及峨嵋台地再度升起，盆地相对下降，并形成盐池、硝池、六小池等湖泊，致使盆地盐渍土的形成具有以下特点：

1. 盆地内湖相沉积物中含有大量可溶性盐，并有食盐、芒硝、石膏等矿分布，浅者距地表仅数米。虽盆地表面大部分均为第四纪后期(马兰期及阜兰期)的淡水洪积-淤积物复盖，地面表层沉积物原始含盐量并不高，但土壤盐分的补给来源丰富，因此土壤受盐化威胁严重，只要地下水位一抬高，马上就会导致土壤的严重盐化。

2. 由于盆地出水口不畅(盆地中最低点盐池的海拔高程为320米，而涑水河入黄河处河口高程341米)，四周高地的径流均向盆地中心汇集，盆地中河流的上游洩水能力又多大于下游数倍至数十倍不等(表1)，因此雨季河流泛滥频繁，泛滥水经常漫流入洼地，致使泛期地下水位猛烈上升。

表1 涑水盆地内各主要河流上、下游安全流量比较表\*

河流名称	河 段	比 降	平均河宽(米)	安全流量(公方/秒)
涑 水 河	上游(涑村峪口—抑庄)	1/60—1/580	120	820
	中游(水头—馮村)	1/1270	洪水槽宽 70—170 米 清水槽宽 3—10 米	70—120
	下游(馮村—伍姓湖)	1/1000—1/2000	底宽 3 米 顶宽 6 米	18
姚 暹 渠	上游(张郭店—上滄)	1/340	20	78
	中游(安邑—东张耿)	1/2400	5—17	29—60
	下游(桥上村—伍姓湖)	1/2400	0.9—13	4—30
白 沙 河	上游(大庙底村—南山底)	1/46	31—85	120—300
	下游(横洛河入姚暹渠)	1/370	4.5—5	1—2

\* 摘自1956年涑水河流域规划报告

由于盆地内每年径流流出量很小,盆地中的地下水量主要依赖于蒸发的损耗来维持平衡。根据盆地中以盐池为中心的闭流洼地区水盐平衡计算结果,在一般平水年份,洼地中储水量每年增加0.30亿方,储盐量增加2.72万吨。在多水年份(以1958年为代表)储水量增加0.87亿方,少水年份(以1936年为代表)储水量减少0.46亿方。

表2 涑水盆地以盐池为中心的闭流洼地区水盐平衡计算结果

项 目	进 入 量				损 耗 量				年 储 存 量	
	年 雨 量	地 面 径 流	地 下 径 流	年 进 入 总 量	蒸 发 量	地 面 水 流 出 量	地 下 水 流 出 量	年 损 耗 总 量		
平 水 年	水 量 (亿方)	0.95	0.33	0.29	1.57	1.21	0.06	0.0017	1.27	0.30
	盐 量 (万吨)	—	0.66	4.82	5.48	—	2.75	0.0124	2.76	2.71
多 水 年 (1958)	水 量 (亿方)	1.45	0.68	0.29	2.42	1.45	0.10	0.0017	1.55	0.87
少 水 年 (1936)	水 量 (亿方)	0.49	0.03	0.29	0.81	1.21	0.06	0.0017	1.27	-0.46

从上述数字表明,盆地内储水量总的来说是处在不断增加的过程,地下水位不断上升。在涝年份,随着盆地内储水量的陡然增加,地下水位猛烈上涨,而在干旱年份,由于总储水量减少,地下水位下降。

在此盆地内进行灌溉,不论引黄灌溉或自黄河抽水灌溉,如无排水措施,每年都有巨量的水补给地下水而迅速抬高整个盆地的地下水位。目前涑水盆地大面积的二级阶地上(如牛牡、龙居、栲栳等处)地下水埋藏深度均在5—10米,似乎盐化的威胁不大。但根据与涑水阶地自然条件相似的陕西泾惠灌区情况来看,次生盐化的威胁还是很大的。泾惠灌区在发展灌溉以前,地下水埋藏深度一般都在15—16米,最深者为29—30米。当1932年泾惠渠重修后引水量增大,至1946年调查,14年之间地下水在不同地区升高数米至二十多米不等,致使该灌区内土壤发生严重盐化,影响棉花产量的提高。涑水河流域是山西省主要粮棉产区,随着灌溉事业的发展,特别是引黄工程的兴建,必需及时解决排水问题,否则将造成极其严重的后果。

表3 运城解县开渠公社东伍姓村伍姓湖灌溉后土壤盐分变化比较 (1959年9月)(阴阳离子单位:毫克当量/100克土,以下各表同)

灌 溉 次 数	深 度 (厘米)	pH	全 盐 (%)	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> (按差数)
灌 溉 一 次	结 皮	8.1	1.12	0.00	0.01	12.43	8.07	1.28	2.56	17.76
	0—5	8.1	0.42	微	1.17	3.70	1.87	0.43	1.00	5.31
	5—10	8.1	0.23	微	1.34	2.02	0.46	0.71	0.71	2.40
	10—15	8.1	0.17	微	1.09	1.17	0.58	0.51	0.28	1.99
	15—40	8.1	0.14	微	1.01	0.83	0.58	0.71	0.43	1.28
	40—75	8.1	0.16	微	1.09	1.39	0.23	0.71	0.57	1.43
	平 均			0.18						
未 经 灌 溉	0—5	8.1	0.073	微	1.17	微	0.23	0.57	0.14	0.69
	5—10	8.1	0.061	微	1.09	微	0.12	0.43	0.28	0.50
	10—15	8.1	0.094	微	1.17	0.40	0.12	0.71	0.14	0.84
	15—40	8.1	0.10	微	1.17	0.40	0.23	0.57	0.28	0.95
	40—75	8.1	0.067	微	1.09	微	0.23	0.57	0.28	0.47
	平 均			0.079						

3. 盆地内目前尚无大型灌区,多系引用水庫、湖、井水灌溉,由于灌溉水含盐较高,灌后普遍有导致土壤次生盐化及碱化的现象。例如运城县开张公社在伍姓湖建立抽水站,引湖水灌溉1—2次后,土壤即产生盐化。1959年9月我们在抽水站取湖水化验,矿化度2.3—2.6克/升,为氯化物硫酸盐-钠质水,灌溉系数在3左右,是不宜灌溉的。但当时为了抗旱,仍引用此水进行灌溉,在东伍姓村仅灌水一次后土壤表层即产生明显的盐结皮,75厘米土层平均含盐量由原来的0.079%增加到0.18%,即增加了2.5倍;表层15厘米则增至0.28%,增加3.5倍,土壤中盐分组成也发生了根本变化,使棉花生长受严重抑制。

在涑水盆地的二级阶地上,大部分利用重碳酸-钠质井水灌溉,灌后土壤有次生碱化现象,通常称为板结,严重影响棉花的出苗和生长。

表4 重碳酸-钠质井水灌溉后土壤含盐情况(采样地点:运城县孙李村)

采样深度(厘米)	pH	全盐(%)	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> (按差数)	备注
0—2	8.0	0.120	微	1.01	1.08	0.00	0.35	0.71	1.03	板结层
2—25	8.0	0.078	微	0.50	0.61	0.23	0.71	0.35	0.28	非板结层
25—35	8.1	0.029	微	0.59	微	0.00	0.35	0.12	0.12	
35—45	8.2	0.034	微	0.67	微	0.00	0.35	0.12	0.20	
45—60	8.1	0.029	微	0.59	微	0.00	0.35	0.24	0.00	
60—75	8.1	0.032	微	0.67	微	0.00	0.35	0.24	0.08	
灌溉井水	8.4	1.76克/升	4.03	12.76	7.00	6.78	0.71	2.82	27.04	离子含量单位为毫克当量/升

表5 氯化钠质水与深层淡水混合后灌溉对土壤含盐的影响\*(采样地点:运城县南扶村)

采样深度(厘米)	pH	全盐(%)	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> (按差数)
0—4	8.2	0.062	微	1.09	微	0.12	0.35	0.24	0.62
4—20	8.2	0.063	微	0.17	0.85	0.00	0.47	0.59	0.00
20—30	8.3	0.052	微	1.01	微	0.00	0.35	0.12	0.54
30—40	8.2	0.052	微	1.01	微	0.00	0.24	0.12	0.65
40—50	8.2	0.043	微	0.84	微	0.00	0.24	0.12	0.48
灌溉井水	8.6	0.085克/升	2.69	9.90	1.03	3.04	2.28	5.58	7.16

- \* 1. 板结层不明显
2. 灌溉井水系浅井套有深层淡水
3. 井水离子含量单位为毫克当量/升。

从上述资料可以看出,涑水盆地由于利用矿化的钠质水灌溉,引起土壤次生盐化及碱化现象,威胁着作物的正常生长。因此对灌溉水质进行严格的鉴定是很重要的。现将盆地内各水源水质分析结果列如表6。

涑水盆地发展灌溉上面临的主要问题是流域内水源不足,而一部分水源又因水质不良而不宜灌溉。抽黄或引黄灌溉虽能解决水源问题,但由于盆地需要进行人工抽水排水,引用大量外来水必将增加抽排负担或导致地下水位迅速上升,这都是不利的,因而,在涑水盆地大量开发利用深层淡水就具有特殊重要的意义。

4. 涑水盆地位于山西省的最南端,年平均雨量598毫米,全年降水的55—75%分布在7、8、9三月,尤以7、8两月最为集中。年平均温度12—14℃,7—8月间月平均气温均在25℃以上。因此,在雨季土壤具有较好的自然脱盐条件,现将1959年我们在运城县圪塔营农场草甸盐土上的观测资料列如表7。

表 6 涑水盆地灌溉水源水质分析结果表

水 源	采 样 时 间	矿 化 度 (克/升)	灌 溉 系 数	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> Ca <sup>++</sup> + Mg <sup>++</sup>		水 质 评 价
运城县涑水河与姚遥渠间二级阶地地下水(太后村)	1959年9月	2.81	1.3	6.7		灌后次生碱化威胁大,不宜灌溉
运城县涑水河北岸及南岸1~2公里处,西至西智光一带地下水(顺郭村)	1959年9月	1.89	4.7	1.3		灌后有微弱次生碱化现象,但尚能灌溉
闻喜县十里碱滩以东的涑水河二级阶地地下水(西下吕)	1959年9月	0.46	8.7	0.8		适宜灌溉
夏县姚遥渠两岸二级阶地地下水	1959年9月	1.86	4.7	2.2		灌后有微弱碱化现象,最好能与库水配合灌溉
运城县中条山以北冲积扇中、下部地下水(闾家村)	1959年9月	0.54	40.0	0.4		良好的灌溉水
涑水河(姚张村)	1958年5月	0.499	9.5	>1		有微弱碱化威胁,但仍能灌溉
姚遥渠(南山底)	1958年5月	0.428	25	<1		适宜灌溉
黄河(幸运村)	1958年5月	0.531	52	<1		适宜灌溉
伍姓湖	1959年8月	2.3-2.6	3	2-3		不宜灌溉
硝池	1959年8月	5.48	0.8	2.0		不宜灌溉
汤里滩	1959年12月	4.56	1.5	3.3		不宜灌溉
黑龙滩	1959年12月	3.5	—	—		不宜灌溉
圪坦水库	1959年9月	0.37	10.0	1.1		适宜灌溉
崔家河水库	1959年9月	0.51	6.9	1.8		可以灌溉,但需谨慎
中留水库	1959年9月	0.59	5.4	1.7		可以灌溉,但需谨慎
苦池水库	1959年9月	1.02	3.0	3.4		有碱化威胁,但尚能灌溉,最好能设法冲淡
禹王水库	1959年9月	1.17	2.5	2.2		同上
杨家园水库	1959年7月	0.48	9.4	1.1		适宜灌溉

表 7 运城县圪塔营农场草甸盐土的盐分组成

采 样 时 间	深 度 (厘米)	全 盐 (%)	pH	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> (按差数)
1959年6月 (代表雨季前)	0-10	2.57	8.2	0.00	1.38	10.15	26.77	8.85	4.35	25.10
	10-25	2.11	8.1	0.00	1.38	6.09	23.30	6.10	2.23	22.44
	25-35	1.50	8.0	0.00	1.84	6.16	13.80	2.00	0.00	19.80
	35-60	1.40	8.1	0.00	1.38	6.16	13.30	1.50	1.50	17.84
	60-70	1.89	8.1	0.00	1.38	5.64	20.40	2.50	1.50	23.42
	70-100	2.10	8.0	0.00	1.84	6.16	22.50	3.00	2.00	25.50
1959年8月 (代表雨季)	0-10	1.86	8.5	微	0.50	4.73	17.02	9.10	2.62	10.53
	10-25	1.11	8.5	微	0.57	5.26	11.23	3.59	1.79	11.68
	25-35	0.73	8.6	0.34	0.76	2.57	7.39	0.55	0.14	10.37
	35-60	1.01	8.6	0.13	0.57	2.95	11.46	1.64	1.35	12.12
	60-70	1.11	8.5	微	0.61	2.57	13.45	2.97	2.62	11.04
	70-100	0.98	8.6	0.11	0.85	3.04	10.65	1.30	0.60	12.75

表 8 涑水盆地草甸盐土季节性脱盐系数(CAC系数)\*

深度(厘米)	全 盐 (%)	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> (按差数)
0-35	0.59	—	0.40	0.60	0.55	0.75	0.71	0.49
35-100	0.56	—	0.45	0.52	0.61	0.72	0.69	0.55

\* CAC系数 = 雨季后土壤含盐量/雨季前土壤含盐量

表9 涑水盆地草甸盐土季节性脱盐率(R%)\*

深度(厘米)	全盐 (%)	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> (按差数)
0—35	41.2	—	59.4	40.5	45.3	24.8	29.3	51.0
35—100	43.7	—	55.3	47.7	38.8	27.6	30.7	45.0

\* 脱盐率(R) =  $\frac{\text{雨季前土壤含盐量} - \text{雨季后土壤含盐量}}{\text{雨季前土壤含盐量}} \times 100\%$

以上数字表明,本地区季节性自然脱盐作用很明显,如适当创造排水条件和采用合理耕作措施,防止返盐,即使不进行冲洗,土壤也会逐渐脱盐。

## 二、涑水盆地盐渍土分类

涑水盆地土壤盐渍化过程主要是由于矿化地下水水位过高所引起,但随着地质地貌和水文地质条件的局部差异,使盆地土壤中盐分的聚积特点和盐分性质、改良要求都有很大不同,可分为以下五种类型:

**1. 草甸盐土** 主要分布在运城县以西至伍姓湖,北抵姚堤渠,南至盐池、硝池、董村、刘家营一带。土质以轻壤为主。地下水埋藏深度均在0.5—1.5米,矿化度约10克/升左右。土壤平均含盐量为0.7—1.5%,全剖面含盐量变化不大。盐分组成为氯化物硫酸盐-钠质盐类,土体中有大量盐结晶。

表10 涑水盆地草甸盐土水浸提液分析资料(1959年7月采于运城县塔营农场)

采样深度(厘米)	pH	全盐 (%)	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> (按差数)
0—10	8.1	1.42	—	0.67	12.78	10.34	3.17	6.93	13.69
10—20	8.0	1.26	—	0.34	4.75	14.26	1.88	4.82	12.65
20—35	8.0	0.98	—	0.67	3.53	10.69	1.06	3.76	10.07
35—55	7.7	1.10	—	0.34	2.56	13.98	5.29	5.41	6.18
55—70	8.0	1.20	—	0.50	3.17	14.45	10.11	2.82	5.19
70—90	8.0	0.97	—	0.59	3.17	11.05	5.99	2.59	6.23
90—110	8.0	0.93	—	0.59	2.68	10.93	5.29	3.06	5.85
110—130	7.9	0.93	—	0.50	2.92	10.93	9.05	3.06	2.24
130—160	7.8	0.94	—	0.42	2.44	11.63	8.70	3.76	2.03
地下水(毫克当量/升)		克/升							
140	8.5	11.01	1.37	6.64	121.26	57.26	25.31	62.42	98.80

这种土壤上作物根本不能生长,只能生长芦苇、盐蒿、马鞭、臭槐等耐盐植物,从植被的差异也反映出土壤含盐量的差异。

表11 涑水盆地草甸盐土含盐量与植被的关系

植被种类	土层(厘米)平均含盐量(%)		地下水矿化度(克/升)	地下水埋藏深度(米)
	0—20	0—100		
芦苇	0.69	0.59	8.61	0.55
马鞭	1.28	1.07	16.20	0.73
盐蒿	1.34	1.10	11.01	1.40

从表11中可以看出,凡生长芦苇处土壤含盐较轻,而生长马鞭和盐蒿的则含盐很重,因此开垦时应先从芦苇滩开始。

草甸盐土中盐分的主要来源是由于地势特别低洼,加之自 1954—1958 年以来連年丰水,径流补给加大,地下水位逐年抬高,且自 1953 年姚暹渠修复后渠道经常流水,由于渠底比洼地地面高,渠道的渗漏也增加了地下水的补给量。另外,过去麻村以东盆地闭流区的地面径流都是直接送入硝池、北門滩、黑龙滩几个积水洼地,近年来由于硝池水位不断上涨,部分水被阻塞,流不进去,同时也为了保护盐池生产而截住地面径流不让流入硝池及北門滩,这些水就在滩地中漫流,形成内涝。

过去,在硝池西面的六小池大量生产盐硝。另外,在杜家营滩地和硝池也有取盐和取硝的,这无疑是在洼地盐分的一条出路。但是在 1912 年运城盐池开始生产后,帝国主义和官僚资本为了垄断市场,遂将六小池填平。自此以后六小池即停止盐硝生产。解放后农民个体小规模盐硝生产也停止了,原来每年应该从这里取走的大量盐分由于没有出路而累积于土壤中,因此盐渍化土壤就以惊人的速度向四周扩展开来。

综上所述,草甸盐土最有效的措施是进行排水和冲洗,防止渠道渗漏(主要指姚暹渠)和大力开发六小池及在有条件的地方适当发展盐硝副业生产。

**2. 斑状盐化草甸土** 这种土壤上已经累积了相当数量的易溶性盐,目前大部分仍为耕地,但作物生长普遍受抑制,且还存在完全不能生长作物的盐斑,通常称为“花碱地”。斑状盐化草甸土根据盐斑所占面积的百分数及作物缺苗减产情况又分为三个等级:

(1) 轻度斑状盐化草甸土: 盐斑占盐化土壤面积小于 10%。作物生长受轻微抑制,缺苗不多。产量比一般非盐化土壤约低 10—30%。

(2) 中度斑状盐化草甸土: 盐斑占盐化土壤面积 10—30%。作物生长受显著抑制,缺苗达 10—30%。产量比非盐化土壤低 30% 左右。

(3) 强度斑状盐化草甸土: 盐斑占盐化土壤面积 30—50%,甚至大于 50%。作物生长受强烈抑制。产量比非盐化土壤低 50% 以上。

斑状盐化草甸土多分布在盆地中洼地的边缘。地下水埋藏深度约 1—2.5 米,其盐分组成多属氯化物硫酸盐—钠质盐类。按盐分在土壤剖面中的分布情况又分为表层斑状盐化草甸土和底层斑状盐化草甸土(图 1、2、3、4)。

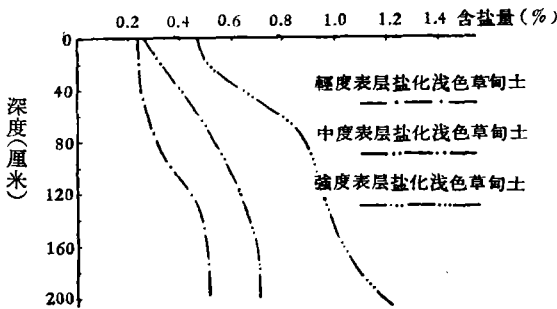


图 1 涑水盆地底层斑状盐化浅色草甸土溶性盐在剖面中的分布

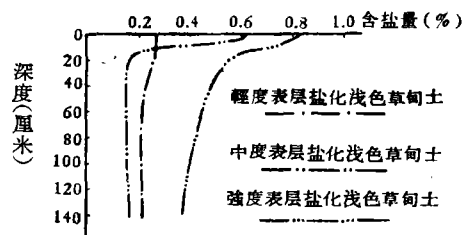


图 2 涑水盆地表层斑状盐化浅色草甸土溶性盐在剖面中的分布

表层斑状盐化草甸土多分布在中条山洪积坡边缘,地下水受中条山淡水补给,矿化度不高(多大于 5 克/升),埋藏深度较浅,多在 1—1.5 米,加以土壤均以壤质为主,地下水沿毛管补充得也较快,因此土壤中盐分主要集中在土壤的表层,而下部土层含盐较低。这种土壤表层积盐的特点主要是由于地下水位较高及洼地积水通过侧渗蒸发的结果。表层斑状盐化草甸土土体总含盐量不高,只要结合排水进行淡水灌溉及合理轮作等,就可以得到改良。

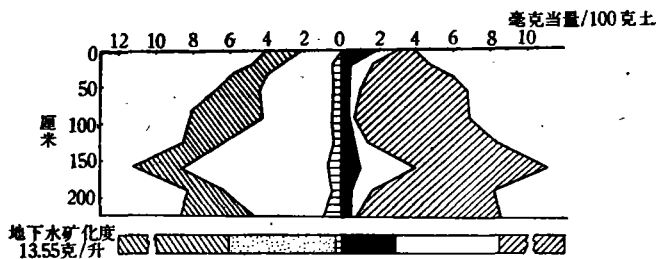


图3 涑水盆地中度底层斑状盐化草甸土剖面含盐情况

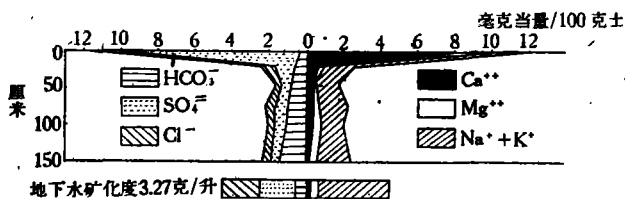


图4 涑水盆地中度表层斑状盐化草甸土剖面含盐情况

底层斑状盐化草甸土主要分布在姚退渠与涑水河之间的常旗营、曾家营一带，其地下水主要补给来源是峨嵋岭、鸣条岗及广大二级阶地，由于地下水移动过程中盐分的累积和分异作用，致使地下水矿化度高，而且以氯化物为主，地下水埋藏深度2.0—2.5米；另一方面这一带土壤的质地常成砂粘相间的层状排列，剖面中透水性差的粘土层具有明显的隔水隔盐作用，所以地下水毛管上升减缓，盐分主要累积于心底土中，因此形成土壤盐分自表层向底层逐渐增加的水盐分布特点。

表12 粘土层对剖面中水盐运行的影响\*

土层深度(厘米)	土壤质地	湿润情况	全盐 (%)
0—20	轻壤	润	0.27
20—50	轻壤夹有粘土块	润	0.24
50—100	轻壤夹多量粘土块	潮	0.31
100—145	砂壤	湿	0.32
145—170	粘土	潮	0.97
170—240	砂壤	湿	0.46
地下水			9.32 克/升

\* 剖面采自运城县杨家庄西北。

从表12中可以看出，粘土层在剖面中起着阻隔盐分上升的良好作用；但是它又阻隔了地表及土壤上层水分的下渗，以致形成滞水，这是不利的一方面。因此采用浅沟排除滞水，并采用淡水灌溉及其他农业技术措施，减少土壤蒸发对防治土壤盐化将取得良好效果，但不能根除盐化威胁。

底层斑状盐化草甸土由于在底土中蕴藏有极丰富的易溶盐，地下水矿化度又极高，因此盐渍化面积的扩大和土壤含盐量的增加都比表层斑状盐化草甸土迅速得多。

**3. 斑状盐化草甸沼泽土(即盐碱下湿地)** 分布在山麓洪积坡前缘的山前洼地，如闻喜县夏镇的大洋——苗村滩，涑水河上游的灌底、下吕一带和运城县的庞家营、席张等处。淡水补给丰富，地下水埋藏深度通常在50厘米左右。径流尚通畅，矿化度一般都小于2克/升。尽管水质良好，但是水位过高，蒸发强烈，因此，在土壤表层仍有轻微的盐分累积，偶尔也出现盐斑。但是无论盐斑或非盐斑的土壤含盐量都只是属轻度盐化，盐分组成一般以重碳酸盐含量较高，且含钙、镁较

多。在这种土壤上,妨碍作物正常生长的是过高的地下水,只要进行了排水,立即就能获得增产,因此它和斑状盐化草甸土有本质上的差别。这种土壤上排除的地下水还可作为水源发展灌溉。

表 13 斑状盐化草甸沼澤土(即盐碱下濕地)水浸提液之分析結果

盐情	化况	采地	样点	采 样 深 度 (厘米)	pH	全 盐 (%)	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> (按差数)
盐 斑		聞喜县 黎驛村	0—1	8.6	2.21	2.01	3.86	18.01	10.29	0.12	0.94	33.11	
			0—10	8.6	0.39	0.50	1.76	1.29	2.82	0.12	0.94	5.31	
			10—30	8.6	0.18	0.34	1.09	0.23	1.43	0.12	0.94	2.03	
			30—40	8.2	0.17	0.34	0.76	0.23	1.53	0.35	0.94	1.57	
			地下水(毫克当量/升)	7.7	(克/升) 1.62	3.21	4.81	5.11	13.86	2.21	7.86	16.92	
非盐斑		运城县 鹿家营	0—12	8.1	0.19	0.60	1.04	0.52	0.67	0.46	0.58	1.79	
			12—24	8.1	0.20	0.60	1.19	0.35	0.78	0.46	0.69	1.77	
			24—43	8.1	0.19	微	1.49	0.52	0.55	0.35	0.58	1.63	
			43—70	8.15	0.20	微	1.34	0.52	0.90	0.35	0.58	1.83	
			70—75	8.1	0.17	微	1.34	0.52	0.55	0.58	0.58	1.25	
			地下水(毫克当量/升)	7.5	(克/升) 1.20	3.57	7.74	0.35	5.72	1.84	6.00	9.54	

这种土壤一般地下水蕴藏丰富,水质好。因此改良上除排水外还可以发展水稻或修筑沟洫台田。

4. 苏打盐土 分布于二级阶地上局部的封闭一半封闭洼地,如聞喜县东鎮的十里碱滩、夏鎮禹王滩等处。土壤盐分以碳酸、重碳酸-鈉盐为主。这种土壤对作物的危害不仅是因为含有过多的易溶盐,而且碱性很强,土壤胶体因吸收性鈉的作用,而强烈分散,以致渗水性差,造成湿时泥濘、干时坚硬等恶劣的物理性质。

根据土壤中含苏打盐类的多少及作物的生长情况,又分为苏打重盐土和苏打轻盐土。前者主要分布在十里碱滩和禹王滩,作物根本不能生长,一般均能熬制土碱。后者主要分布在夏鎮洼地,目前仍属耕地,但产量比一般耕地低 50% 左右。

表 14 苏打盐土水浸提液分析資料

土 壤	采样地点	采样深度 (厘米)	pH	全 盐 (%)	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> (按差数)
苏打重盐土	聞喜县夏 鎮西董村	0—1	9.2	2.58	1.85	2.52	17.43	18.80	0.24	0.24	40.12
		0—10	8.5	0.35	0.34	1.85	1.64	2.05	0.35	0.24	5.29
		10—20	8.4	0.093	0.34	1.26	0.23	微	0.24	0.47	1.12
		20—30	8.5	0.076	0.34	0.92	0.23	微	0.24	0.35	0.90
		30—50	8.4	0.067	0.34	0.76	0.23	微	0.35	0.35	0.63
		50—65	8.3	0.071	微	1.34	0.12	微	0.35	0.59	0.52
苏打轻盐土	聞喜县夏 鎮禹王滩	0—5	9.90	0.30	0.10	1.32	0.72	1.56	0.14	0.14	3.42
		5—15	10.10	0.87	6.11	4.69	1.96	2.29	0.10	0.14	14.81
		15—22	8.70	0.18	1.81	0.97	0.60	0.40	0.05	0.24	3.51
		22—45	8.50	0.15	0.41	1.38	0.32	0.11	0.05	0.19	1.98
		45—68	8.60	0.14	0.31	1.32	0.32	0.26	0.10	0.14	1.97
		68—83	8.50	0.11	0.41	1.07	0.24	0.26	0.10	0.14	1.74
		83—110	8.50	0.095	0.10	1.22	0.24	0.31	0.10	0.29	11.48

5. 板結碱化浅色草甸土 这种土壤是因为用高矿化的鈉质井水灌溉而引起的土壤次生碱化现象,鈉质水破坏了土壤结构,在土壤表层形成 2—5 厘米厚的板結层。严重的,在一年内浇 1—2



次表土板結层厚度可达5厘米。一般浇2—3年必須停浇3—5年,在耕作和自然淋洗下板結层又逐漸消失。板結层密实坚硬,透水性极差,雨后呈半糊状,干后龟裂,幼苗不能出土,严重威胁着农业生产。土壤剖面含盐量并不高,但重碳酸鈉占显著优势(表4)。

这种土壤只要改善灌溉水的水质就能得到改良,目前也有施用黑矾的,效果尚佳。

表 15 涑水盆地各种类型盐渍土分布面积及含盐量

盐碱土类型	面积(万亩)	主要分布地点	层段(厘米)	含盐量(%)	
草甸盐土	12.44	运城县以西,姚邊渠以南,伍姓湖以东,盐池、硝池、董村、刘家营以北	0—20 0—100	1.34 1.10	
斑状盐化草甸土	輕度表层斑状盐化草甸土	2.63	湯里滩边缘及伍姓湖以西涑水河两岸	0—20 0—100	0.26 0.23
	輕度底层斑状盐化草甸土	5.34	姚邊渠以北,涑水河以南,石桥、黄旗营、高淮等村	0—20 0—100	0.23 0.28
	中度表层斑状盐化草甸土	1.68	解州以西,中条山以北,王杜、孙常等村	0—20 0—100	0.39 0.20
	中度底层斑状盐化草甸土	8.90	姚邊渠以北,涑水河以南,曾家营、常旗营、枣圪塔、石桥等村及运城西洼	0—20 0—100	0.30 0.40
	強度底层斑状盐化草甸土	5.08	西王、石桥、土桥等村	0—20 0—100	0.48 0.63
斑状盐化草甸沼泽土(即盐碱下湿地)	8.21	聞喜县夏鎮大洋、苗村及东鎮灌底、蔡驛,运城县席张、庞家营一带	0—20 0—100	0.29 0.23	
苏打盐土	苏打重盐土	1.35	聞喜县十里碱滩及禹王滩	0—20 0—100	0.56 0.22
	苏打輕盐土	3.22	聞喜县夏鎮郭里、禹王城、师馮一带	0—20 0—100	0.22 0.10

### 三、涑水盆地地下水临界深度(安全水位)的探討

为了确定涑水盆地地下水的临界深度,我們曾进行了实地調查、羣众訪問和图表分析。

根据我們在涑水河流域一百多个剖面水样和土样分析結果的統計,得出地下水埋藏深度与矿化度的关系如图5。

从图5中可以看出,地下水埋藏愈浅,其矿化度变化范围愈大,随着埋藏深度的加深,矿化度漸趋一致。如当埋藏深度为0.5—1.5米时,地下水矿化度变动范围为0.2—28.7克/升,但是当埋藏深度大于9米时,地下水矿化度变动范围仅0.2—2克/升。产生这一現象的原因是因为当地下水埋藏浅时蒸发强度大,地下水浓缩过程极强;但是在径流通暢的淡水补给区,由于淡水的冲淡作用致使矿化度不高。因此在浅水位条件下,地下水矿化度是随蒸发强度与淡水补给条件和径流通暢程度而变化的,所以变动的范围较大;而当地下水埋藏很深时則受蒸发影响极小,地下水浓缩与冲淡作用均极微弱,不足以表现出明显变化。因此,我們可以根据地下水埋藏深度和矿

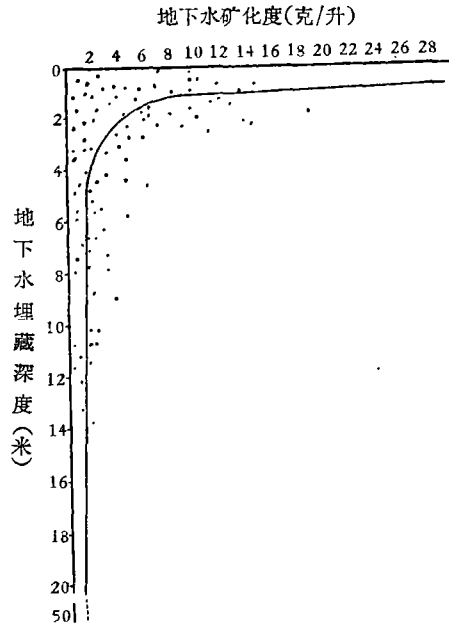


图5 涑水盆地地下水埋藏深度与矿化度的关系

化度之間的关系,推論地下水蒸发強度、补給条件与径流状况。

表 16 地下水埋藏深度、礦化度与土壤盐化的关系

地下水埋藏深度(米)	礦化度 (克/升)		地下水蒸发強度	土壤盐化情况
	最 高	一 般		
<1.5	28.7	4—14	极強烈	普遍有強度盐化
1.5—2.5	23.6	3—8	強烈	中度至輕度斑状盐化
2.5—5.0	6.1	2—5	較弱	一般无盐化,局部有輕微盐斑
5.0—9.0	3.6	1—3	微弱	无盐化,但尚存在盐化威胁
>9.0	2.0	0.5—1.5	基本不受蒸发影响	无盐化

从表 15 中的数字可以看出,当地下水埋藏深度小于 5 米时,土壤开始受盐漬化的威胁,但是盐分累积強度不大,只要进行合理耕作,就不致引起土壤迅速产生盐化。而地下水深度在 1.5—2.5 米时,礦化度驟增,土壤盐化显著加重,是本区地下水临界深度的变动范围。

但是蒸发相同数量的地下水时,其礦化度愈高,則所带到土壤表层的盐分也就愈多,从表 17 中可以看出,埋藏深度相同,而礦化度不同时,土壤含盐量也不同,所以不同礦化度的地下水,其临界深度也不同。

表 17 地下水埋藏深度、礦化度与土壤含盐量关系

地下水埋藏深度 (米)	地下水礦化度 (克/升)	土壤含盐量 (%)		作物或植被生长情况
		0—20 (厘米)	0—100 厘米 或0—地下水	
0.33	10.02	2.44	1.97	荒滩、生长盐蒿
0.35	2.41	0.30	0.29	荒滩,生长芦苇、三稜等
0.40	1.62	0.29	0.23	荒滩,生长喜湿草类
0.50	0.07	0.18	0.19	撩荒地
0.58	0.79	0.17	0.10	种植白楊,有少数谷子
0.85	5.49	0.30	0.33	玉米生长受抑制,有不太严重的缺苗現象
1.00	19.30	1.19	0.88	荒滩,生长馬絆及盐蒿
1.00	13.34	0.54	0.63	荒滩,生长芦苇
1.00	2.11	0.27	0.13	撩荒,生长白茅草
1.60	6.34	1.58	0.80	荒滩,生长盐蒿
1.60	3.27	0.39	0.20	棉花缺苗达 20%
1.60	1.33	0.11	0.13	小麦生长正常
1.61	2.98	0.15	0.23	棉花生长正常
1.80	18.54	2.68	1.61	荒滩,生长盐蒿
2.00	5.81	0.07	0.13	棉花生长正常
2.20	14.23	0.23	0.28	棉花,小麦生长尚正常、局部有盐斑
2.50	23.58	0.48	0.63	棉花缺苗 50—60%
2.50	6.20	0.17	0.20	小麦生长正常

根据上述資料的綜合分析,得出壤質土壤地段礦化度不同时地下水临界深度列入表 18。

表 18 不同礦化度地下水的临界深度

地下水礦化度 (克/升)	1—1.5	1.5—3	3—5	5—10	10—20
地下水临界深度 (米)	1.0	1.5	1.8	2.5	2.5

土壤机械組成是影响地下水临界深度的另一个主要因素。但在涑水河流域沉积物質地变化不大,多为壤質,虽有层状粘土的分布,但厚度不大,且較零星,故此处不一一分別討論。

在决定排水深度的时候,不仅要根据目前地下水的矿化度,而且應該估計到在排水通暢及水位的降低,矿化度必然逐漸減小的趋势。另外,还应当考虑到地下水埋藏深度的季节性变化。

在綜合考虑上述因子的作用之后,我們建議在涑水盆地采用的排水深度如下:

1. 在目前地下水埋藏深度  $< 1$  米,而矿化度在  $1-1.5$  克/升的地区,如聞喜县下呂、灌底、蔡驛及夏鎮的苗村、大洋,运城县席张、庞家营一带的斑状盐化草甸沼泽土(即盐碱下湿地),排水深度达  $1$  米即可。主要是防止土壤沼泽化,保持作物根系的正常发育。排水过深反而会带来干旱的威胁。

2. 目前地下水埋藏深度在旱季为  $1-1.5$  米,而雨季小于  $50$  厘米,地下水矿化度  $> 3$  克/升的地区,例如姚暹渠以南的运城洼地,排水深度要求达到  $1.5$  米。

3. 目前地下水位旱季大于  $2$  米,雨季亦不小于  $1.5$  米,而矿化度在  $10-20$  克/升左右的底层斑状盐化草甸土地区,如姚暹渠与涑水河之間的三角地带,即常旗营、曾家营、石桥、西王村一带,其排水深度需达  $2.5$  米左右。

以上排水深度适用于壤質土壤上具有一般灌溉条件的旱作地,而不包括种植水稻或具有特殊灌溉条件的情况,后者的排水深度显然比前者要小得多。

## 結 語

涑水盆地內具有含盐地层及矿化地下水,是盆地中盐分的主要来源。加之盆地洩水不暢,除特大旱年外,盆地內总儲水量及儲盐量均逐年增加,地下水位逐年上升,盐渍化土壤的面积亦随之扩大。在三門峽水庫建成后,盆地出水口受水庫迴水影响将成为完全閉流的状态,而引黄工程的修建又将大大增加盆地內水量的补給,如果不及兴建系統的排水工程,則将导致盆地內土壤迅速盐渍化、沼泽化的严重后果。

根据盆地自然条件的特点,发展灌溉应以开发深层地下水为重点,尽可能利用本流域內一切水源,少引外来水,以減少排水系統的負担。但是对矿化的鈉質水应加以处理(主要是进行冲淡)后方能利用。水质极恶劣的水源,如硝池、湯里滩等,应禁止用作灌溉水源。

为減少盆地土壤中的儲盐量,适当的发展盐硝副业生产是必要的。并应尽速开发六小池,将严重威胁农业生产的盐硝成为宝贵的工业原料。

由于盆地內主要分布的是氯化物硫酸盐盐土,且具有有利于自然淋洗的气候条件,因此,只要通过排水,保持地下水位在临界深度以下,并結合合理的灌溉和农业措施,即使不进行冲洗,盐渍土也会逐渐自趋好轉。这对水源不足的地区来說是有重大意义的。