

种植作物对土壤耕层水盐动态的影响

孟 繁 华

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

本文根据几年来在不同土壤质地剖面、不同潜埋深条件下,种植作物与不种植作物的对比试验,探讨了作物生长对耕层土壤中水盐变化的影响。种植作物不但能增加地表覆盖,减缓地表径流,且通过作物根系生长,改善了土壤物理性状,减少土壤中淡水的深层渗漏量,进而提高了作物对淡水(雨水)利用率。由于作物根系吸收深层土壤水,加速了矿化潜水的补给量,降低了潜水蒸发面,同时减少了土壤地表积盐量,改变了土壤中盐分分布状况,延缓土壤次生盐渍化的产生。

通常认为种植作物可增加地表覆盖,降低水分蒸发量,减少地表径流,改善耕层土壤结构,加强入渗淋溶作用。^[1]但对作物根系在耕层中的穿透吸水,改变土壤中水盐分布状况,及动态变化还研究不多。近几年来,我们在中国科学院河南封丘农业生态实验站土壤水盐动态模拟实验室中,利用微机控制自动数据采集系统和盐分传感器、水分传感器等测试手段,进行了大型模拟土柱试验,着重研究了作物生长过程中,根系对耕层土壤水盐动态的调控作用及所引起的盐分累积特点。

一、试验设备及方法

(一) 试验设备 试验设备见图1。土柱中所装土样均为性质一致的扰动土,其含盐量和机械组成分别列于表1和表2。

土柱由下至上均按 1.5 克/厘米³ 的容重分层(每层 5 厘米厚)均匀装填,土柱两侧分别安装盐分、水分传感器,监测土柱中水盐的变化。第1层传感器安装位置距土表 10 厘米,第2层与第1层之间距离也为 10 厘米,第2、第3、第4层之间的距离均为 25 厘米,第4层以下的距离均为 30 厘米。插入土体中的深度为 7 厘米。

(二) 试验处理 根据黄淮海平原土质剖面特征及地下水位常年变化情况,设 3 种不同的质地剖面,即全剖面粉砂壤土;粉砂壤土剖面中在 30 厘米之下夹有 30 厘米粘土层;土柱上端有 100 厘米的粘土层其下仍为

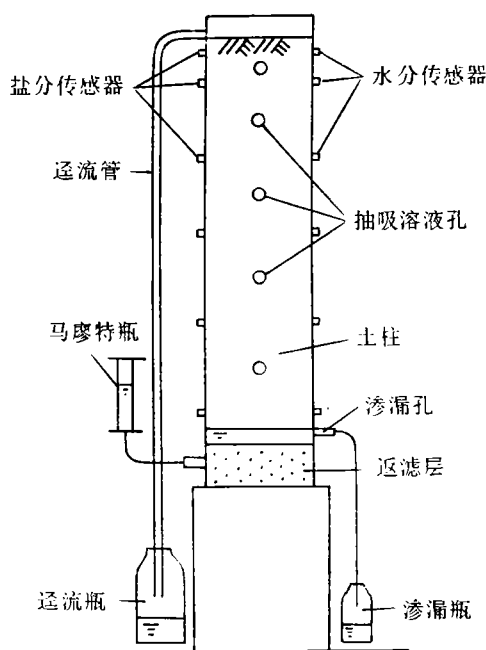


图1 模拟土柱试验装置示意图

粉砂壤土。第一种质地剖面土柱都设有 5 种不同的潜水埋深,分别为 1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 米。全部处理共 15 个土柱(图 2),编号由浅位至深位 W₁—W₁₅。为了试验对比另设 15 个土柱,处理全部同上,编号为 E₁—E₁₅。本试验自 1992 年开始,在 W₁—W₁₅号土柱上种植作物,而 E₁—E₁₅号土柱不种作物,其它条件均一致。在种植过程中,30 个土柱均通过“马廖特”自动补水器不断补充矿化水(3 克/升),以满足作物消耗及地表蒸发的需要。矿化水采用蒸馏水加等当量比的氯化钠和硫酸钠配制而成。

表 1 供试土样含盐量及离子组成

土样	pH	电导率 (mS/cm)	全盐 (g/kg)	阴离子(cmol/kg)					阳离子(cmol/kg)			
				CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
粉砂壤土	8.14	0.083	0.29	—	0.26	0.02	0.03	—	0.12	0.06	0.02	0.09
粘土	8.02	0.361	1.32	—	0.72	0.31	0.42	—	0.23	0.18	0.05	0.96

表 2 供试土样的机械组成

土样	各级颗粒含量(mm,%)						
	1—0.25	0.25—0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.005—0.001	粘粒(<0.001)	物理性粘粒(<0.01)
粉砂壤土	0.4	27.9	55.3	2.7	3.4	10.3	16.4
粘土	0.7	7.6	17.3	11.4	26.7	36.3	74.4

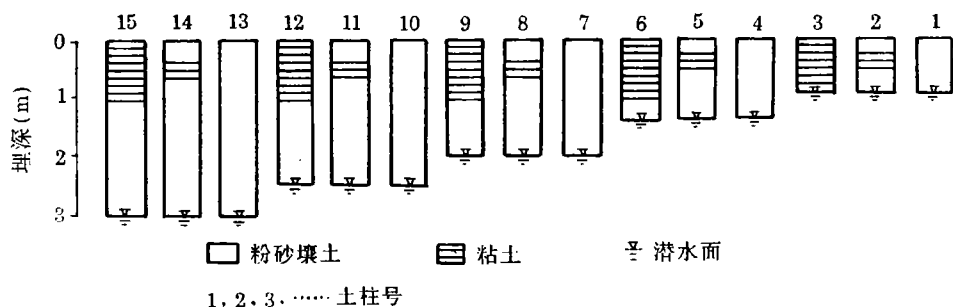


图 2 模拟土柱质地剖面及潜水埋深示意图

(三) 试验的观测 通过微机控制的数据采集系统,定期观测不同层位土壤溶液的电导率及水分张力。一般 5 天测 1 次。每天上午 8 时通过“马廖特”补水器观测各土柱的潜水消耗量。每月 15 日采集表层(0—2 厘米)土样,分析其含盐量及水分含量。在作物生长关键时期,如收割前后,对土柱分层取土,测定其盐分及水分含量。

二、结果与讨论

(一) 作物根系对耕层水分的调控作用

在有作物生长的条件下,一方面由于地表覆盖度增强及根系对耕层土壤的穿透作用,改善了土壤物理性能,减少了土表水分蒸发量;而另一方面由于作物的蒸腾作用,大量消耗土壤水及地下潜水。在本试验中,土壤水来源于大气降雨及土柱底部人工补给的低矿化水。

1. 作物对土壤中水分的利用与调控: 种植作物提高了土壤的蓄水能力,即提高了作物对

雨水的利用率。种植作物的土壤(W_1 — W_{15} 土柱),在降雨后地表的径流量及地下的深层渗漏水大多明显少于未种作物的土壤(E_1 — E_{15} 土柱,表3),只有少数几个土柱(W_2 、 W_4 、 W_{11})由于表土含盐量高,小麦生长差,其径流量或渗漏量略大于同等条件下未种作物的土柱(E_1 、 E_4 、 E_{11})。其次,在同一潜水埋深、不同质地剖面之间雨水存留量,一般粘土土柱>夹粘层土柱>粉砂壤土土柱。不种作物的土柱的雨水存留量,粉砂壤土土柱>粘土土柱>夹粘层土柱。由于作物对雨水利用率的提高,减少了矿化潜水向表土补给量,因而减少了地表积盐。第三,在小麦收获后分层(0—2,2—15,15—25厘米)测定土壤含水量的结果(表4)表明,粉砂壤土土柱和夹粘层土柱(除由于盐害作用长势差的 W_2 土柱外),含水量均大于未种植作物的土柱,厚层粘土剖面土柱(W_3 、 W_6 、 W_9 、 W_{12} 、 W_{15})尽管雨水存留量大于其它剖面土柱,但由于作物长势好,蒸散量大,且土壤质地粘重,土柱比表面积大,毛管水流量小,土壤水被作物吸收后,地下潜水补给速度迟缓,所以粘土剖面土柱各层含水量一般小于未种作物的同一潜水埋深的土柱,并且含水量随潜水埋深的增加而减少。

表3 1993年5月11日降雨(70.8mm)后各土柱中的径流量和渗漏量(升/日)*

土柱号	径流量**	渗漏量**	土柱号	径流量**	渗漏量**
1	22.4 * 12.9	0.4 2.8	9	4.5 7.1	1.3 0.6
2	10.9 8.8	0.1 5.1	10	3.7 3.6	4.3 5.1
3	7.9 13.3	2.1 1.3	11	3.7 10.0	9.7 2.7
4	4.4 9.8	3.8 0.6	12	5.8 10.0	0.6 1.5
5	2.8 8.0	0.4 1.3	13	0.0 0.0	2.3 12.4
6	0.0 11.9	0.0 3.3	14	7.9 2.4	7.9 17.5
7	9.0 3.0	6.3 7.5	15	4.8 5.2	0.0 7.7
8	6.8 12.8	0.3 8.9			

* 70.8mm雨量相当于每个土柱补给雨水21.8L。 ** 上面数字为W土柱,下面数字为E土柱。

2. 作物对地下潜水的利用与调控:在作物生长旺季的7、8、9月,尤其是9月份降雨较少,土壤耕层含水量低,不能充分满足作物的需要,作物所需水分除根际中的土壤水外,大部分要靠根系从耕层以下吸取土壤水,因此加大了上下土层的水分张力,从而促使土壤中向上运行的毛管水流量增加,加速了矿化潜水借毛管作用向上层土体的补给,所以有作物生长的(W_1 — W_{15})土柱矿化潜水补给量远远大于无作物生长的 E_1 — E_{15} 号土柱。1993年大豆试验结果(表5)表明,有大豆生长的土柱,8、9月份潜水补给量高于无作物生长土柱的几倍至几十倍,甚至上百倍(表土含盐较高,作物生长差,或未出苗的除外)。在相同潜水埋深的条件下,粘土剖面土柱的二者之间差异最大,夹粘层土柱的次之,粉砂壤土土柱的差异最小。

(二) 作物生长对耕层盐分的调控作用

作物根系从土层中吸取大量的水分,从而加速了含有盐分的地下水由下向根际运移,除部分盐分被植物吸收利用外,大部分盐分则残留在根际一带,造成该处土壤盐分高于表层(图

表 4 麦收后各土柱含水量(1993年6月8日分层取样)

土柱号 (W)	含水量(%)			土柱号 (E)	含水量(%)		
	0-2cm	2-15cm	15-25cm		0-2cm	2-15cm	15-25cm
1	22.9	23.0	26.2	1	20.8	26.7	26.1
2	13.9	13.6	14.9	2	15.0	15.0	16.1
3	9.6	22.1	24.6	3	16.2	26.9	29.0
4	22.0	21.6	23.4	4	19.9	22.3	21.9
5	11.0	13.3	11.7	5	8.7	12.3	13.3
6	7.5	19.9	25.1	6	13.2	26.1	29.2
7	16.5	14.8	17.9	7	16.7	15.4	16.9
8	6.4	10.6	15.8	8	6.3	8.0	14.9
9	6.2	20.1	24.3	9	13.1	25.5	28.0
10	7.9	13.0	14.9	10	7.4	12.6	14.2
11	3.2	8.6	10.7	11	3.8	7.9	10.1
12	6.1	20.2	24.4	12	11.4	26.5	27.8
13	2.3	8.1	7.8	13	4.4	10.7	11.6
14	3.4	9.1	12.1	14	1.9	7.8	10.0
15	5.4	13.1	16.6	15	11.9	21.9	24.5

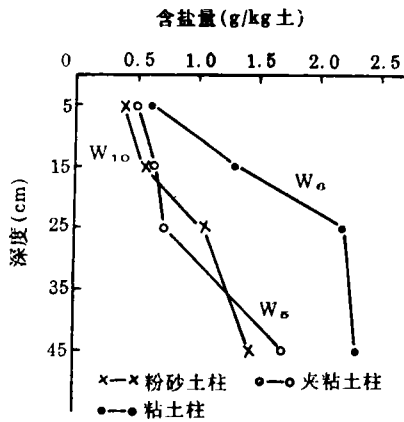


图 3 种植作物土柱剖面的含盐量

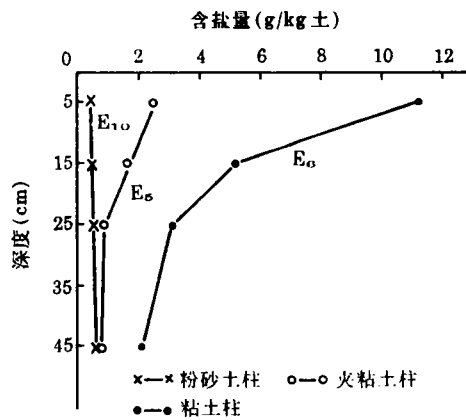


图 4 未种作物土柱剖面的含盐量

3)。而未种作物的土柱,由于没有植被覆盖,土壤水和潜水直接上升地表蒸发散失,其盐分便累积在表层土壤中,造成地表积盐(图4)。

通过图3还可以看出,土壤质地不同,作物对耕层土壤盐分调控的深度也不同,在粘土剖面中,积盐层在15厘米以下;在粉砂壤土剖面中在25厘米附近;而在夹粘层的土壤剖面中则在35厘米附近。这可能是后者被称为蒙金地的主要原因之一。

三、小 结

1. 种植作物可以增加土壤蓄水量,减少地表径流和土壤中水分的深层渗漏,提高雨水的利用率,减少潜水向表土的补给量,抑制土壤次生盐渍化的发生。

2. 作物根系从土体中吸收土壤水分,加速了潜水向土体中的补给,因而改变了盐分在土体中的分布状况,含盐较高的土层出现在15厘米以下,而不在表层。

表 5 1993 年各处理土柱的矿化水补给量(升/月)

月份	雨量 (mm)	土 柱 号														
		$\frac{W_1}{E_1}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{7}{7}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{9}{9}$	$\frac{10}{10}$	$\frac{11}{11}$	$\frac{12}{12}$	$\frac{13}{13}$	$\frac{14}{14}$	$\frac{15}{15}$
1	11.3	4.70	7.10	2.45	1.88	2.07	1.74	9.87	2.02	1.61	1.74	2.72	1.21	0.93	1.68	1.93
		4.48	4.53	1.42	1.56	4.58	2.33	2.58	3.42	2.50	2.79	3.82	1.83	4.91	4.74	1.81
2	9.8	4.22	2.84	2.14	4.79	1.67	0.68	6.67	1.60	1.08	1.66	3.87	0.57	1.05	5.88	1.46
		6.14	5.55	1.45	1.07	2.80	1.83	5.81	1.88	1.16	1.69	2.38	14.8	0.27	2.57	1.30
3	21.6	13.4	4.43	4.51	8.25	3.26	1.69	7.76	2.06	3.45	3.41	47.64	2.55	3.30	2.49	3.20
		12.3	8.59	1.47	10.8	3.58	0.98	7.33	3.86	0.51	21.5	3.10	0.14	22.1	01.57	0.75
4	92.5	13.2	95.5	8.93	12.8	8.60	4.89	13.6	7.78	6.75	13.1	9.17	5.54	12.3	6.96	5.18
		15.2	13.5	2.94	16.2	7.06	2.67	10.4	3.64	0.99	2.54	4.79	1.11	2.27	2.88	3.23
5	80.4	13.0	2.97	1.53	5.67	0	0	0.20	0.02	0.10	0.08	0.71	1.35	1.79	0.57	1.07
		12.4	15.3	1.00	4.43	1.71	0.63	8.53	4.48	1.00	/	0.37	/	/	1.44	1.72
6	161.0	1.35	4.30	0.92	9.78	0.92	0	9.91	0.03	0.40	0.01	0.26	0	1.37	1.39	1.79
		20.1	18.5	1.11	12.6	5.08	0.56	14.1	3.14	0.03	3.05	2.29	0.01	0.31	0.31	0
7	74.1	19.5	5.73	1.58	22.3	2.91	1.13	6.35	6.22	1.36	7.91	2.26	0.52	0.03	0.42	1.12
		19.7	16.4	3.26	13.8	11.1	5.22	8.16	5.58	3.78	0.79	0.02	0.33	0.66	0.01	3.62
8	109.1	14.6	7.32	10.61	19.9	8.47	17.5	32.1	22.3	12.0	45.4	38.3	10.0	35.3	21.6	27.0
		14.2	13.0	5.59	15.5	6.20	3.13	6.39	5.45	5.28	0.16	0.01	0	2.57	2.67	0.25
9	40.2	20.7	12.6	27.3	21.7	17.7	27.7	27.1	21.7	23.5	36.9	36.3	36.5	35.8	21.4	44.1
		18.9	13.0	7.49	19.9	13.7	3.62	16.9	8.01	12.2	6.15	1.05	0.30	2.55	5.54	0.69
10	4.4	10.6	5.02	5.81	13.2	2.73	4.76	4.98	2.87	4.95	4.84	4.85	4.61	2.77	3.40	7.92
		13.14	8.99	10.2	16.2	15.5	2.30	14.2	4.44	9.74	8.97	3.44	6.76	5.24	5.41	3.10
11	90.9	3.65	1.22	0.94	6.60	0.44	2.76	0.80	1.95	1.42	2.99	4.59	2.79	0.41	1.52	3.70
		5.33	3.97	4.12	3.39	6.05	0.73	2.50	1.60	7.72	2.84	1.32	8.79	0.88	1.74	0.52
12	0	15.3	2.25	0.62	16.0	0.72	2.19	3.44	1.21	0	2.99	4.45	3.05	0.25	0.65	1.03
		13.4	4.62	2.70	10.9	3.65	0.11	5.97	1.41	6.43	2.00	0.47	8.22	2.11	1.04	0.41

注:W 代表种植作物的土柱;E 代表未种植作物的土柱。

参 考 文 献

[1] You, W. R and Meng, F. H. , Salt - Watere dyamics in soils: ■. Effect of crop planting, Pedosphere, 3(1): 7-22, 1993.



(上接第 318 页)

参 考 文 献

[1] 孙怀文, 淮北砂姜黑土的水分物理性质与旱、涝(渍)害的关系。砂姜黑土综合治理研究, 104-114 页, 安徽科技出版社, 1986。
 [2] 贾大林主编, 黄淮海平原治理与农业开发, 第一章、第三节, 32-33 页, 中国农业科技出版社, 1989。
 [3] 贾大林主编, 黄淮海平原治理与农业开发, 第 33 页, 中国农业科技出版社, 1989。