第 38 卷 第 1 期
2001 年 2 月

土 壤 学 报
ACTA PEDOLOGICA SINICA

Vol.38,No.1
Feb., 2001

NaCl 对细颗粒泥沙静水絮凝沉降影响初探*

陈洪松 邵明安 李占斌

(中国科学院水利部水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室,陕西杨凌 712100)

PRELIMINARY STUDY ON THE EFFECT OF NaCl ON FINE SEDIMENT FLOCCULATION AND SETTLING IN STILL WATER

Chen Hong-song Shao Ming-an Li Zhan-bin

(*Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling Shaanxi* 712100)

关键词 NaCl,细颗粒泥沙,絮凝沉降,泥沙相对浓度

中图分类号 S152

泥沙问题是黄河治理的关键,而黄河泥沙主要来源于中游黄土高原强烈的水土流失。在黄土高原,耕地水土流失面积占耕地总面积的 71.3%[1],其中坡耕地土壤流失量可占流域土壤总流失量的 60%～70%[2]。水土流失时,土壤中的养分会随径流及侵蚀泥沙迁入水体[3],使细颗粒泥沙发生絮凝或分散,而流失泥沙中细颗粒泥沙含量又往往高于耕层。细颗粒泥沙的絮凝或分散,对泥沙输移和沉积过程有重要作用,是造成水库、灌溉渠系以及港湾河口淤积的重要原因,也是研究高含沙水流、浑水淤灌,以及设计冲沙模型的基础[4]。同时,侵蚀径流中细颗粒泥沙的絮凝或分散也会影响表土的导水率,从而影响水土流失量[5,6]。显然,研究细颗粒泥沙的絮凝或分散对揭示土壤侵蚀机理,以及研究泥沙输移、沉积规律具有重要的意义。但以往研究多侧重于咸淡水交界地区的水质和沙样,较少考虑盐度变化对细颗粒泥沙运动的影响[7]。本文拟以天然级配的细颗粒泥沙作为研究对象,探讨不同浓度 NaCl 对细颗粒泥沙静水絮凝及沉降的影响,以期为有关问题的深入研究提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试样为耕层(0～20cm)塿土,风干后过 0.1mm 筛,装袋备用。实验前测定泥沙吸湿含水量为

* 国家自然科学基金资助项目(批准号:59879026)

收稿日期:1999-09-30;收到修改稿日期:2000-08-20

3.35%。塿土主要被 Ca^{2+}、Mg^{2+} 饱和，粘粒矿物以伊利石为主，其基本化学性质可参考表 1。

表1 塿土化学性质[8]

土层深度 (cm)	有机质 (g/kg)	$CaCO_3$ (g/kg)	CEC (cmol/kg)	pH
0～17	11.8	92.5	8.61	8.62

1.2 试验方法

为了不破坏土壤的化学性质，采用 XL2005～300 型超声波(220kHz，50W)振荡分散。参考文献[9,10]，我们比较了超声分散 20 分钟、30 分钟、40 分钟的分散结果，发现三者差别甚微。与加 $(NaPO_3)_6$ 分散[11]的结果相比较后发现，超声振荡分散 20 分钟即可获得满意的效果(见表 2)。

NaCl 浓度为 0～10mmol/L；泥沙初始浓度分别为 5、10、20g/L；泥沙浓度用吸管法测定[11]，取样深度分别为液面下 10、15、20cm。含沙量用烘干称重法测定。所得结果均换算为泥沙初始浓度的相对值，相当于小于某粒径的重量百分比。温度控制在 22℃，最大温差 < ±1℃。每次实验重复三次。

表2 两种分散方法结果对比

分散方法	粒级			
	<0.05mm (%)	<0.01mm (%)	<0.005mm (%)	<0.002mm (%)
加 $(NaPO_3)_6$ 振荡分散	99	49.1	37.4	27.8
超声振荡分散20分钟	98.3	46.3	35.9	24.3

2 结果与讨论

2.1 电解质浓度对泥沙絮凝沉降的影响

泥沙浓度为 10g/ L，NaCl 浓度为 0～5mmol/L时，液面下 20cm 处取样的实验结果见表 3。由表 3 可知，NaCl 浓度为 0～2mmol/L时，泥沙相对浓度几乎没有变化，但 4～5 mmol/L 时第 205 分钟泥沙相对浓度已有较大变化，表明 NaCl 絮凝时存在一个临界浓度。考虑试验的测量误差(5%)，NaCl 的临界絮凝浓度介于 4～5mmol/L之间。当 NaCl 浓度为 5mmol/L时，前 65 分钟泥沙相对浓度测定结果较 2～4mmol/L时略有增大。这可能是由于该次实验温度较低，泥沙絮凝沉降变慢的缘故。

表3 0～5mmol/L浓度NaCl溶液对泥沙相对浓度(%)的影响

测定时间 (min)	NaCl溶液浓度(mmol/L)					
	0	0.5	1	2	4	5
5	82.26	82.20	81.19	82.27	82.28	83.37
15	—	—	—	60.74	58.75	62.68
25	55.1	53.23	52.94	—	—	—
35	—	—	—	49.42	49.18	50.26
45	47.85	46.51	46.48	—	—	—
65	43.71	43.92	42.6	42.18	41.16	42.50
105	39.58	39.78	39.23	38.04	38.31	36.81
145	38.02	37.45	36.91	35.41	33.91	30.61
205	35.70	35.39	34.32	32.86	29.03	21.29

对于同样的泥沙浓度，NaCl 浓度为 5～10mmol/L时，液面下 20cm 处取样的实验结果见图 1。由图 1 可知，NaCl 浓度越大，细颗粒泥沙絮凝沉降越快。0～35 分钟时，不同浓度 NaCl 对泥沙沉降影响很小，说明此时泥沙以分选沉降为主。有絮凝发生后，泥沙浓度起初下降较快，其下降幅度随 NaCl 浓度的增大而增大，随后渐趋平缓。这是由于初始时细颗粒泥沙碰撞率大，絮凝沉降较快，随后溶液中剩下的细颗粒泥沙逐渐变少，沉降渐趋缓慢。而且，NaCl 浓度越大，细颗粒泥沙的碰撞结合率也越大[12]，即细颗粒泥沙絮凝沉降越快。泥沙浓度分别为 5、20g/L时，得到上述类似结果。

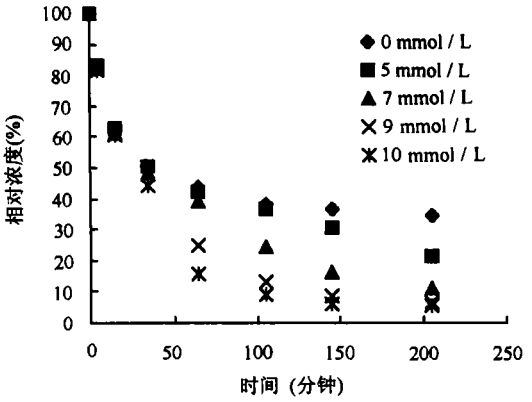

图1　不同浓度NaCl对泥沙絮凝沉降的影响

2.2　泥沙浓度对絮凝沉降的影响

NaCl 浓度为 0、7、10mmol/L，泥沙浓度为 5、10、20g/L时，液面下 20cm 处泥沙相对浓度的变化见图 2。没加盐时，三种含沙量下的泥沙相对浓度变化趋势一致(见图 2-a)。有明显絮凝发生后，当 NaCl 浓度相同时，泥沙相对浓度起初下降较快，其下降幅度随泥沙浓度增大而增大，随后渐趋平缓(见图 2-b, 2-c)。这说明在相同电解质浓度下，泥沙浓度越

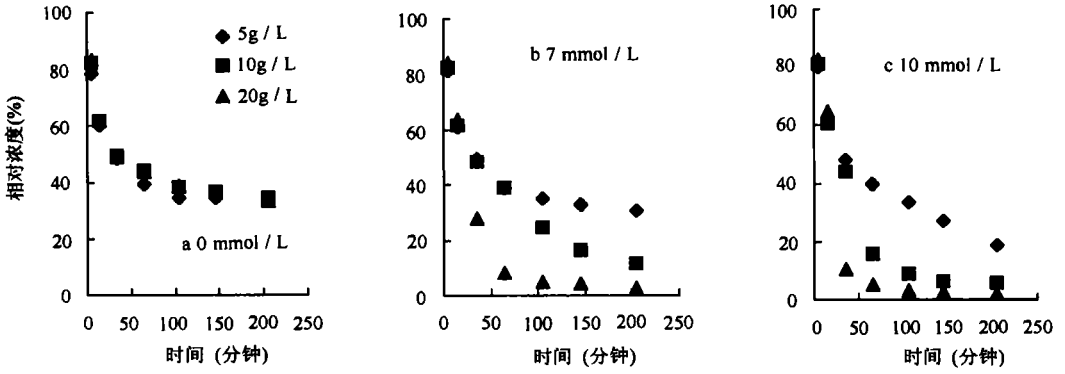

图2　不同NaCl浓度下泥沙浓度对絮凝沉降的影响

高，细颗粒泥沙越容易碰撞发生絮凝，即泥沙沉降也越快。图 2 还表明，要达到相同的絮凝效果，泥沙初始浓度越低所需 NaCl 浓度越大。由此可以推断，NaCl 的临界絮凝浓度与泥沙初始浓度有关，其值随泥沙初始浓度的增大而减小。在整个试验过程中，没有出现清浑水交界面。但当 NaCl 浓度和泥沙初始浓度较大时，在量筒底部可见絮团快速沉降，同一断面既有絮团向上运动，也有絮团向下运动。这是因为絮团快速下沉时，上升水流带动较小絮团一起向上运动[4]。

2.3　沉降距离对絮凝沉降的影响

在泥沙浓度为 10g/L，NaCl 浓度为 0、7、10mmol/L时，分别测定了液面下 10、15、20cm 处泥沙相对浓度的变化(见图 3)。由图 3 可知，泥沙相对浓度的变化趋势与沉降距离无关，各断面泥沙沉降规律相同。这可能是由于泥沙粒径细，垂直含沙量分布比较均匀，也

可能是三种沉降距离间隔太短。在 NaCl 浓度较小时，同一时间泥沙相对浓度随沉降距离增大而略有增大(见图 3-a, 3-b)。NaCl 浓度较大时，泥沙相对浓度随时间延长而逐渐接近(见图 3-c)。这可能是絮团形成后，较大絮团下沉的同时，上升水流带动较小沙粒一起向

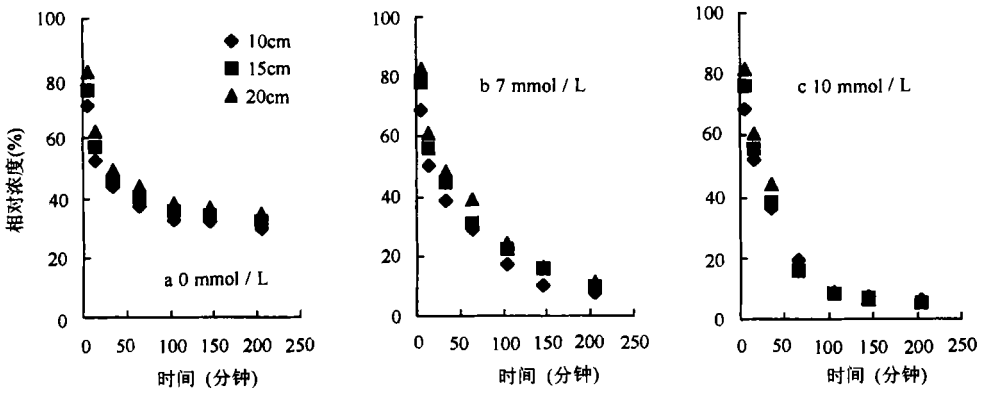

图3 不同NaCl浓度下泥沙相对浓度随沉降距离的变化

上运动，使一定范围内的含沙量趋于均匀[4]。

3 结 论

在本试验条件下，根据实验结果可得如下结论：(1)NaCl 絮凝时存在某一临界浓度，其值随泥沙初始浓度的增大而减小，NaCl 浓度越大，细颗粒泥沙絮凝沉降越快；(2)刚开始沉降时，泥沙以分选沉降为主，NaCl 浓度对其影响很小。有絮凝发生后，泥沙相对浓度起初下降较快，其下降幅度随 NaCl 浓度及泥沙初始浓度的增大而增大，随后渐趋平缓；(3)泥沙相对浓度变化趋势与沉降距离无关，各断面泥沙沉降规律相同。

参 考 文 献

1. 杨瑞珍．我国耕地水土流失及其防治措施．水土保持通报，1994，14(2)：32～36
2. 唐克丽，郑世清，席道勤．杏子河流域坡耕地的水土流失及其防治．水土保持通报，1983，3(5)：43～48
3. 王全九，沈晋，王文焰等．降雨条件下黄土坡面溶质随地表径流迁移实验研究．水土保持学报，1993，7(1)：11～17
4. 钱宁，万兆惠著．泥沙运动力学．北京：科学出版社，1983．1～5，58
5. Miller W P, Baharuddin M K. Relationship of soil dispersibility to infiltration and erosion of southeastern soils. Soil Sci., 1986, 142(4):235～240
6. 田积莹，黄义端．子午岭连家砭地区土壤物理性质与土壤抗蚀性能指标的初步研究．土壤学报，1964，36(1)：54～60
7. 陈洪松，邵明安．电解质影响泥沙运动的研究进展．土壤侵蚀与水土保持学报，1998，4(6)：113～120
8. 王恒俊，张淑光主编．黄土高原地区土壤资源及其合理利用．北京：中国科学技术出版社，1991．23～28
9. 于天仁等编著．土壤的电化学性质及其研究法．第二版．北京：科学出版社，1976．513～517
10. 熊毅等编著．土壤胶体(第二册)．北京：科学出版社，1985．1～6，43
11. 中国科学院南京土壤研究所编．土壤理化分析．上海：上海科学技术出版社，1978．474～490
12. Allersma E. Mud in estuaries and along coasts. 见：河流泥沙国际学术讨论会论文集．北京：光华出版社，1980．2：671～672