

ESP 值和黏粒含量对土壤表面封闭作用的影响

唐泽军^{1,2}, 左海萍¹, 于 键³, I. Shainberg⁴, 雷廷武^{1,2*}

(1. 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 杨凌 712100; 2. 中国农业大学水利与土木工程学院, 北京 100083;
3. 内蒙古自治区水利科学研究院, 呼和浩特 300234; 4. Institute of Soil, Water and Environmental Sciences,
Agricultural Research Organization(ARO), The Volcani Center, P.O. Box 6, Bet Dagan 50-250, Israel.)

摘 要: 降雨导致土壤表面结皮形成封闭是自然现象, 它能降低土壤入渗, 增加土表径流, 导致土壤侵蚀。该文系统地研究了不同性质土壤表面的封闭作用过程, 分别确定封闭过程中的物理机械作用和化学作用。试验采用了具有不同土壤交换性钠百分率(ESP)值(2.5、10、20)和黏粒含量(10%、20%、40%、60%)的4种土壤进行降雨模拟试验, 通过土壤表面播撒磷石膏(PG)(2000 kg/hm²)和PG与聚丙烯酰胺(PAM)(PG 2000 kg/hm²+ PAM 20 kg/hm²)混合物的处理, 分别抑制了土壤的化学封闭和物理封闭, 论述了ESP值和黏粒含量对土壤化学封闭和物理封闭作用的影响, 结果表明: 在高ESP值土壤中, 化学封闭作用占土壤封闭的主导作用; 低ESP值土壤中, 土壤的物理封闭作用增大。当黏粒含量较低时, 土壤物理封闭作用较低; 当黏粒含量较大时, 土壤物理封闭作用显著增大。

关键词: 土壤表面封闭; 土壤交换性钠百分率(ESP); 黏粒含量; 入渗曲线

中图分类号: S157

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2007)5-0051-05

唐泽军, 左海萍, 于 键, 等. ESP 值和黏粒含量对土壤表面封闭作用的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(5): 51- 55.

Tang Zejun, Zuo Haiping, Yu Jian, et al. Effects of exchangeable sodium percentage and clay content on seal formation [J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(5): 51- 55. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

在雨滴的打击下, 土壤表面结皮形成封闭(Sealing formation)是普遍存在的自然现象, 在干旱和半干旱地区更是如此^[1]。封闭层是土壤表面一层厚2~3 mm的薄层, 具有比下层土壤更大的密度, 更细的孔隙, 更低的导水性, 能显著地减小土壤的入渗率, 增大地表的径流量和土壤侵蚀^[2~6]。

土壤表面封闭可以由土壤的入渗率来定量表征。一般说来, 根据土壤的入渗随时间的变化曲线可将土壤封闭分为3个阶段: 1) 从降雨起始点到径流初始点, 土壤的入渗率比较大; 2) 径流初始点到径流稳定状态的出现, 由于封闭作用, 入渗率迅速降低达到一个常数; 3) 径流和入渗的稳定阶段, 封闭层在土壤表面形成, 达到最终或稳定入渗率^[3]。

封闭的形成主要有2个作用: 1) 物理机械作用, 由于雨滴对土壤表面的打击作用, 引起土壤团聚体的分散, 使表面的土粒产生位移和压密; 2) 化学作用, 由于土

壤团聚体的分散、阳离子的交换作用等, 细小土粒在运移和沉积过程中堵塞表层土壤的孔隙形成封闭^[6,7]。物理封闭由雨滴的能量和土壤特性所决定, 而化学封闭则与水和土壤中的离子组成及含量有关。

土壤表面封闭与土壤团聚体的稳定性有密切的关系, 影响土壤团聚体稳定性最主要的因素是土壤的黏粒含量和土壤交换性钠百分率(ESP), 团聚体的稳定性随黏粒的含量增加而增加, 因为分解黏粒含量高的土壤团聚体时需要更大雨滴打击能量^[7], 黏粒的物理化学分散随土壤ESP值增加而增加。

近来一些土壤改良剂, 如磷石膏(PG)和聚丙烯酰胺(PAM), 被用来防止土壤表面封闭、增加土壤入渗和土壤侵蚀^[8~11]。大量的室内实验和大田试验表明在土壤表面施用少量的PAM可以保持土壤较高的入渗率、减少土壤表面的径流和土壤侵蚀, 特别是当PAM和释放电解质的物质一起作用时, 效果更好^[10,11,13]。磷石膏是一种可释放电解质的物质, 分散的磷石膏可以释放电解质进入雨水中, 溶解的钙离子会从交换体系中置换钠离子^[14], 因而黏粒的物理化学分散会随土壤溶液中电解质浓度的增加而减少^[13,14], 从而抑制封闭作用。

土壤表面封闭的动力学机理十分复杂, 至今仍然不清楚, 很难确定土壤封闭过程中的物理机械作用和化学作用, 特别是对于不同质地的土壤, 这两个封闭作用会随土壤的性质而变化, 然而, 确定封闭作用的性质对选用土壤改良剂来抑制封闭的形成是十分重要的。本研

收稿日期: 2006-08-25 修订日期: 2006-12-02

基金项目: 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室基金

作者简介: 唐泽军(1958-), 湖南湘潭人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事水土环境工程研究。北京 中国农业大学水利与土木工程学院, 100083。Email: tangzejun@sina.com

*通讯作者: 雷廷武(1958-), 湖北洪湖市人, 教授, 博士生导师, 主要从事水土环境工程及土壤科学研究。北京 中国农业大学水利与土木工程学院, 100083。Email: ddragon@public3.bta.net.cn

究的目的是选用不同 ESP 值和不同黏粒含量的土壤进行室内模拟试验,系统地研究不同性质土壤的封闭作用过程,分别确定封闭过程中的物理机械作用和化学作用,深入地探讨土壤封闭的形成机理。

1 试验材料与方法

1.1 土壤

试验所用土壤样采自耕地,代表了以色列的主要 4 种类型的土壤: Pleshet 平原的砂壤土(黏粒 10%)、壤

土(黏粒 20%)、棕黑砂粘土(黏粒 40%) 和 Northern Gallilee 的棕黑粘土(黏粒 60%),土壤的粒级用比重方法测定。土壤主要矿物成分是高岭土、伊利石和少量的方解石。每一类型的土壤都采自表层 250 mm 厚的耕作土,由于灌溉水质的不同,同一类型的土壤具有不同的 ESP 值,通过实验室的配制,每一类型土壤的 ESP 值分别调制为约 2、5、10 和 20,阳离子交换量用乙酸钠测定,可交换钠离子用醋酸铵测定。土壤的基本理化性质指标见表 1。

表 1 供试土壤的基本理化性质

Table 1 Basic physical and chemical properties of the experimental soil

土壤类型	土壤颗粒组成/%			CEC [*] /cmole · kg ⁻¹	CaCO ₃ /g · kg ⁻¹	ESP			
	黏粒	粉粒	沙			低	中等	高	很高
沙壤土	8.8±0.9d	4.8±0.3	86.4±0.9	8.3±0.8	18.2±5.8	1.5	4.6	10.2	20.3
壤土	22.5±1.1	26.4±9.8	51.0±9.0	18.9±1.6	163.7±24	2.1	5.5	9.5	19.7
沙黏土	40.2±2.7	18.5±3.5	41.3±5.9	33.4±1.0	138.3±60.5	1.6	5.5	10.1	20.9
黏土	61.7±1.4	19.7±4.5	18.6±5.4	57.4±5.3	108.2±51.0	0.9	6.6	9.3	20.4

注: CEC^{*} = Cation Exchange Capacity, 阳离子交换量; ESP = Exchangeable Sodium Percentage, 土壤交换性钠百分率。

1.2 试验装置和试验方法

试验在以色列土壤-水-环境科学研究所降雨模拟试验厅进行。降雨模拟器为一个下部连接约 1000 个医用注射针头的密封箱,箱高 80 mm、长 759 mm、宽 600 mm,针头间距 20 mm,雨滴的平均直径 2.97±0.05 mm,降雨高度 2.2 m,雨滴的终端动能为 15.9 J/(m² · mm),雨强由蠕动真空泵控制在 36 mm/h,降雨量为 72 mm,雨水为去离子的自来水(与天然雨水的成分类似)。

风干土壤在过 4.0 mm 的筛后装入长 400 mm、宽 200 mm、高 40 mm 的试验盘,土壤层厚为 25 mm,下覆一层 5 mm 厚的粗砂,装盘土壤的容重与耕地自然状态土壤相类似,砂壤土、壤土、砂黏土和黏土的容重分别为 1.43、1.39、1.44、1.27 g/cm³。装好土壤的试验盘置于自来水水池中,通过盘下的渗流管吸水饱和,然后放入模拟降雨装置开始试验,试验坡度为 15%。通过试验盘下的渗流管,用量桶每隔 4 min 收集一次入渗水,入渗水量被记录为时间的函数。每一个处理采用 3 次重复。

1.3 试验处理

试验所用 PAM 为高分子化合物,分子量为 12×10⁶ u,磷石膏(PG)的主要成分 CaSO₄ 的含量为 85%,颗粒粒径小于 2 mm。试验盘装土后,土壤表面分别采用 3 个处理: 1) 对照(土壤表面不施用 PAM 和 PG); 2) 在土壤表面用 53 μm 的筛均匀播撒 PG,施用量分别为 2000 kg/hm²; 3) 在土壤表面用 53 μm 的筛均匀播撒 PG 和 PAM 的混合物,施用量分别为 PAM 20 kg/hm² 和 PG 2000 kg/hm²。

2 结果和讨论

2.1 土壤表面封闭过程

降雨入渗随时间或累积雨量的变化曲线可以表示封闭形成过程^[7]。通常,从入渗曲线来看,封闭过程可以分为 3 个形成阶段^[3]。第一阶段,所有降雨都入渗进入土壤,第二阶段入渗率急剧减少,第三阶段入渗率达到稳定的状态。如图 1 所示,由于土壤降雨前吸水达到饱和状态,所以入渗曲线仅仅表示封闭形成的第二阶段和第三阶段。

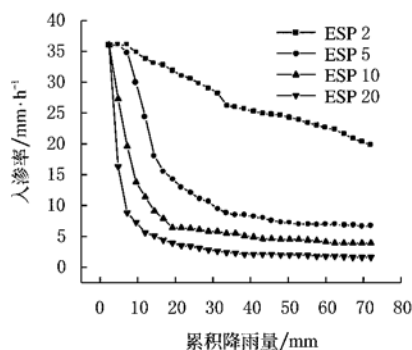


图 1 黏粒含量 10% 不同 ESP 土壤的入渗量随累积降雨量变化

Fig. 1 Change of soil infiltration rate with cumulative rainfall in soils with 10% clay and various ESP values

广泛地认为,在被雨水直接打击的土壤表面,封闭的形成归因于两种机制: 1) 由于雨滴的打击作用,引起的物理分散和表面土粒的压密; 2) 化学分散和细小土粒

进入表层土壤孔隙的运动。从本试验的过程和入渗曲线随时间的变化可以区分封闭的这两种形成机制,最初雨滴的打击对土壤的迅速封闭所起的作用较小,显然,最初的土壤封闭是黏粒的化学分散起主导作用,随后,雨滴的打击作用进一步加强了土壤的封闭作用。

封闭的化学作用与土壤的 ESP 值密切相关^[6],为了分析 ESP 值对封闭作用的影响,在试验设计中,除了土壤的 ESP 值不同外,其他的试验条件如雨滴的打击能量、雨水性质、试验坡度、土壤的结构和特性都是相同的。这样,可以明显看出 ESP 值对土壤入渗的影响,进而可以从土壤入渗曲线随时间的变化分析 ESP 值对土壤封闭的影响(图 1),ESP 值对土壤入渗的影响是非常明显的,高 ESP 值(≥ 5)土样的封闭过程与随着时间或累积降雨的入渗曲线有着相似的特性,在降雨的初期,入渗率随着累积降雨的增加而急剧地减少,然后逐步地趋于稳定并达到最小入渗率,最终入渗率受土壤 ESP 值的影响,ESP 值越大,最终入渗率越小,这与 Agassi 早期的试验所得结果相似^[6]。低 ESP 值($= 2$)土壤的封闭过程有着不同的变化趋势,入渗率随着累积降雨量的增加而逐渐的减少,最终入渗率较高。

对比低 ESP 值和高 ESP 值土壤的入渗曲线(图 1),可以推断低 ESP 值土壤的封闭主要由雨滴引起的物理机械作用决定,降雨初期,由于 ESP 值较低,黏粒的化学分散较少,所以化学封闭作用不强烈,土壤的入渗率较大,随着雨滴的连续打击,土壤颗粒开始在原地产生震动和位移,在土壤表面逐渐形成紧密层,土壤入渗率随着累积降雨量的增加而逐渐减少,这意味着物理封闭的形成是一个逐渐的过程,土壤的物理机械作用在低 ESP 土壤中占主导地位^[6]。高 ESP 值土壤的封闭是物理机械和化学作用共同作用的结果,降雨初期,由于土壤的 ESP 值较高,当水与土壤接触时,化学作用立刻发生,土壤黏粒的化学分散作用强烈,一方面,分散的黏粒随雨水迁移、入渗并堵塞土壤的孔隙,迅速形成土壤封闭,导致入渗率急剧下降;另一方面,化学分散作用造成土壤膨胀,减小土壤的孔隙,形成土壤封闭。虽然这里堵塞和膨胀都属于物理封闭作用,但都是伴随化学分散作用而形成的,所以将其归入化学封闭作用。随后,雨滴的打击作用进一步加强了土壤的封闭,入渗达到较小的最终入渗率。显然,化学作用在封闭形成过程中起主要的作用,ESP 值越大,化学封闭作用就越强。ESP 影响黏粒分散的原因是:两个黏粒之间由于吸附离子层重叠而存在膨胀压(Swelling pressure),当黏粒表面吸附的钠离子进入水溶液后,黏粒间的膨胀压增大,从而使黏粒分散^[13]。

由于低 ESP 值对土壤封闭的影响作用相对较小,

所以选择 ESP 值为 2 的土壤来比较不同黏粒含量对土壤封闭的影响。黏粒对土壤封闭的影响是通过雨滴打击的物理机械作用而产生的,随降雨时间的延续,雨滴不断打击,一方面使黏粒分散,堵塞土壤表层孔隙,另一方面使土壤颗粒紧密堆积,从而造成土壤封闭,因而入渗率随累积降雨量逐渐降低。黏粒含量不同,对土壤封闭的影响是不同的(图 2),当黏粒含量为 10% 时,土壤封闭程度低,表明分散的黏粒没有充分地堵塞土壤表面的孔隙,当黏粒含量大于 20% 时,土壤封闭程度显著增大,虽然黏粒含量增加可以提高土壤团聚体的稳定性,但分散的黏粒也增多,更有效地堵塞土壤表层的孔隙,形成土壤封闭。从图 2 还可以看出,当黏粒含量大于 20% 时,随黏粒含量的增加,入渗率没有表现出一定的规律性,这表明当黏粒含量达到一定值后,土壤封闭可能就和土壤团聚体的形成及其含量有关。

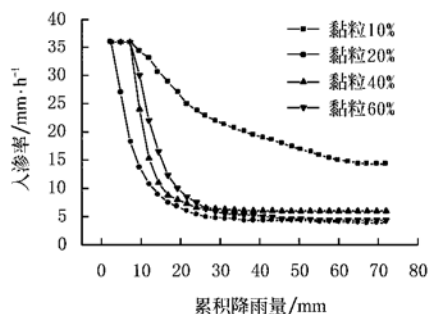


图2 ESP 值为 2 不同黏粒含量土壤入渗率随累积降雨量的变化

Fig. 2 Change of soil infiltration rate with cumulative rainfall in soils with ESP(= 2) and various clay contents

2.2 化学封闭作用和物理封闭作用的区分

在土壤表面均匀撒播 PG 能抑制黏粒的化学分散^[15],防止土壤化学封闭;而撒播 PAM 和磷石膏混合物可以综合抑制土壤的化学和物理封闭,也就是说,如果在土壤表面采用 PG 处理,可以屏蔽化学封闭,从而区分土壤的化学封闭和物理封闭。图 3 是黏粒 10%、ESP 值为 5 的土壤进行 PG、PAM 与 PG 混合处理时的降雨入渗率曲线图,黏粒为 10%、ESP 值分别为 2、10 和 20 的土壤的降雨入渗率曲线图具有类似的趋势,图中的 3 条曲线分别为完全封闭(不加 PG 和 PAM)、抑制化学封闭(加 PG)和抑制化学和物理封闭(加 PG 和 PAM 混合)的降雨入渗率曲线,从图 3 可以看出,降雨入渗率曲线很好地表达了土壤的封闭过程。

对于高 ESP 值(≥ 5)的土壤来说,入渗率的减少是化学封闭与物理封闭共同作用的结果。对于对照(不加 PG 和 PAM)和 PG 处理试验来说,雨滴的打击动能是相同的,在土壤表面进行 PG 处理仅仅抑制了化学封

闭,而物理封闭仍以原有的方式发展。所以,在对照试验中,入渗率的减少是物理封闭和化学封闭共同作用的结果,在 PG 处理条件下,入渗率的减少主要是由雨滴打击作用而引起的物理封闭。试验表明,经过 PG 处理过的土壤入渗率的减少与在对照条件下物理封闭所引起入渗率的减少是极为相似的,所以由化学封闭引起的入渗率的减少可以根据 PG 处理和对照的入渗率的相应计算而获得。PG 可以抑制化学封闭的原因可能是:PG 溶解后增加了土壤溶液中离子的浓度,同时钙离子与钠离子进行交换,而黏粒间的膨胀压随土壤溶液离子的浓度增加而减小(离子的浓度增加可以减少钠离子进入土壤溶液),随黏粒表面吸附离子的电价增高而减小^[15]。为了估计土壤封闭中的化学封闭,可以从降雨入渗随时间变化曲线分别估计不同 ESP 值土壤的化学封闭,通过入渗量的计算表明,在 ESP 值分别为 20、10、5 的土壤中,由化学封闭引起的入渗减少量分别占土壤封闭引起入渗总减少量的 85.51%、88.00%、85.67%,这个百分比有可能随累积降雨量随时间变化的增加而降低。这意味着,对于高 ESP 值的土壤,化学封闭在整个封闭中占支配地位,由雨滴引起的物理封闭变得不重要,化学封闭是导致入渗减少的主要原因。

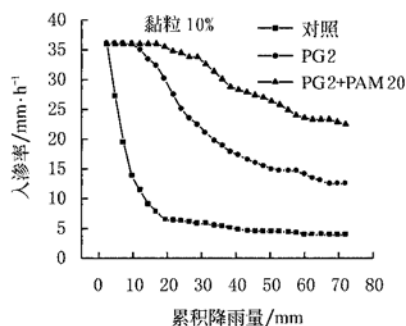


图3 ESP 为 5 的土壤中 3 种处理的入渗随累积降雨量变化曲线

Fig. 3 Change of infiltration rate with cumulative rainfall applied for three treatment in ESP(= 5) soils

对于黏粒含量为 10% 的低 ESP 值的土壤,在对照试验中,在降雨初期入渗率没有下降,随着时间延续入渗率逐渐减少(图 4)。这意味着入渗率的降低主要是由于雨滴打击引起的物理封闭,很少受化学封闭的影响。土壤表面撒上 PG 与对照试验相比较,PG 处理的入渗率还略低于对照的入渗率,这可能是由于细小 PG 颗粒堵塞土壤表层部分孔隙的缘故。低 ESP 值土壤在对照试验和 PG 处理试验中的入渗曲线的形式与高 ESP 值土壤 PG 处理的入渗率曲线的形式是相似的,这表明它们有着相似的物理封闭过程。

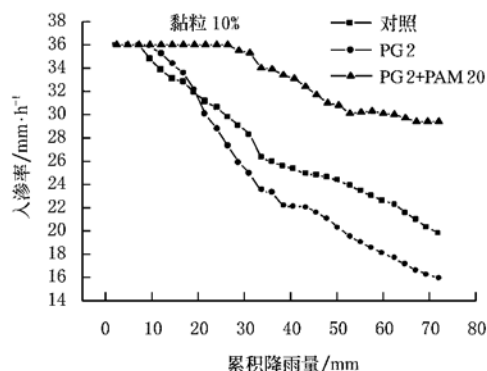


图4 ESP 为 2 的土壤中 3 种处理的土壤入渗随累积降雨量变化
Fig. 4 Change of soil infiltration rate curves with cumulative rainfall applied for three treatments in ESP(= 2) soils

当土壤表面进行 PG 处理时,不同 ESP 值(≥ 5)土壤的入渗率变化基本一致(图 5),有相同的变化趋势,入渗率和最终入渗率在一个很小的范围内变化,这表明两个事实:1) 试验所采用的 PG 用量可以抑制不同 ESP 值土壤的化学封闭作用;2) 经过 PG 处理后,不同 ESP 值土壤有着类似的封闭过程。这意味着经过 PG 处理后,化学封闭作用被屏蔽,保留的只是由于雨滴打击引起的物理封闭,因而入渗曲线有着十分类似的变化趋势。

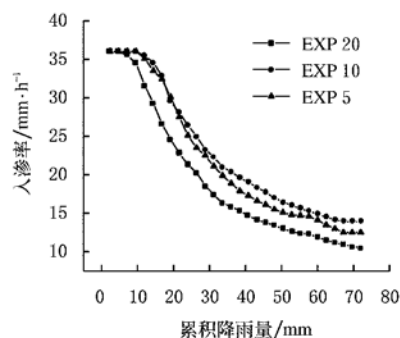


图5 PG 处理的不同 ESP 土壤入渗率随累积降雨变化
Fig. 5 Change of soil infiltration rate with cumulative rainfall treated with PG in various ESP soils

从 PG 与 PAM 混合处理的各种不同 ESP 值的土壤入渗率曲线可以看出,土壤入渗率比 PG 处理的入渗率进一步增大,这显然是因为在 PG 处理抑制了化学封闭的同时,PAM 抑制了土壤的物理封闭。PAM 可以抑制土壤物理封闭的机理是其增加了土壤颗粒之间黏结力,减少了黏粒的分散,同时 PAM 的黏絮作用缓解了雨滴的打击,降低了土壤颗粒压密的程度,从而抑制了土壤的物理封闭作用。

3 结论

土壤表面封闭的动力机制十分复杂,至今还不很清

楚,但本文研究表明,土壤表面的封闭与土壤的理化性质有着密切的关系,土壤封闭的形成过程中,土壤的 ESP 值和黏粒含量的影响非常明显。土壤的封闭包含化学封闭作用和物理封闭作用,土壤的 ESP 值制约着土壤的化学封闭作用,黏粒含量影响土壤的物理封闭作用。在高 ESP 值土壤中,化学封闭作用在土壤封闭中起主导作用,低 ESP 值土壤中,土壤的物理封闭作用增大;当黏粒含量较低时,土壤封闭程度低,当黏粒含量较大时,土壤封闭程度显著增大。

从土壤的物理和化学封闭的区分可以看出,为了抑制土壤表面的封闭、增加降雨入渗,对土壤进行改良时,应根据不同的土壤 ESP 值和黏粒含量,选取适当的土壤改良剂,使改良剂发挥最大的作用。

[参 考 文 献]

- [1] Morin J, Winkel J V. The effect of raindrop impact and sheet erosion on infiltration rate and crust formation[J]. Soil Sci Soc Am J, 1996, 60: 1223– 1227.
- [2] Smith H J C, Levy G J, Shainberg I. Water-droplet energy and soil amendments: effect on infiltration and erosion[J]. Soil Sci Soc Am J, 1990, 54: 1084– 1087.
- [3] Chen Y, Tarchitzky J, Brouwer J, et al. Scanning electron microscope observations on soil crusts and their formation[J]. Soil Sci, 1980, 130: 49– 55.
- [4] Shainberg I, Levy G J. Organic polymers and soil sealing in cultivated soils[J]. Soil Sci, 1994, 158: 267– 273.
- [5] Onofio O, Singer M J. Scanning electron microscope studies of soil surface crusts formed by simulated rainfall [J]. Soil Sci Soc Am J, 1984, 48: 1137– 1143.
- [6] Agassi M, Shainberg I, Morin J. Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation[J]. Soil Sci Soc Am J, 1981, 45: 848– 851.
- [7] Shainberg I, Mamedov A I, Levy G J. The role of wetting rate and rain energy in seal formation and interrill erosion[J]. Soil Sci, 2003, 168: 54– 62.
- [8] Ben-Hur M, Stern R, van der Merwe A J, et al. Slope and gypsum effects on infiltration and erodibility of dispersive and nondispersive soils[J]. Soil Sci Soc Am J, 1992, 56: 1571– 1576.
- [9] Flanagan D C, Norton L D, Shainberg I. Effect of water chemistry and soil amendments on a silt loam soil-Part I: infiltration and runoff[J]. Trans ASAE, 1997, 40: 1549– 1554.
- [10] Miller W P. Infiltration and soil loss of three gypsum-amended Ultisols under simulated rainfall[J]. Soil Sci Soc Am J, 1987, 51: 1314– 1320.
- [11] Yu J, Lei T, Shainberg I, et al. Infiltration and erosion in soils treated with dry PAM and gypsum[J]. Soil Sci Soc Am J, 2003, 67: 630– 636.
- [12] Gardiner D T, Sun Q. Infiltration of wastewater and simulated rainwater as affected by polyacrylamide[J]. J Am Water Resour Assoc, 2002, 38: 1061– 1067.
- [13] Keren R, Shainberg I. Effect of dissolution rate on the efficiency of industrial and mined gypsum in improving infiltration of a sodic soil[J]. Soil Sci Soc Am J, 1981, 45: 103– 107.
- [14] Kazman Z, Shainberg I, Gal M. Effect of low levels of exchangeable Na and applied phosphogypsum on the infiltration rate of various soils[J]. Soil Sci, 1983, 35: 184 – 192.
- [15] Mamedov A L, Levy G J. Clay dispersivity and aggregate stability effects on seal formation and erosion in effluent-irrigated soils[J]. Soil Sci, 2001, 166: 631– 639.

Effects of exchangeable sodium percentage and clay content on seal formation on soil surface

Tang Zejun^{1,2}, Zuo Haiping¹, Yu Jian³, I. Shainberg⁴, Lei Tingwu^{1,2*}

(1. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on Loess Plateau, Yangling 712100, China; 2. College of Water Conservancy and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China; 3. Inner Mongolia Institute of Water Resources, Huhhot 300234, China; 4. Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, Agricultural Research Organization(ARO), The Volcani Center, P.O. Box 6, Bet Dagan 50-250, Israel)

Abstract: Seal formation on the soil surface during rainstorms reduces rain infiltration and leads to runoff and erosion. The objective of this study is to investigate the soil seal formation in different soils, and to analyze the chemical and physical processes in it. Experiments were conducted with four different soils with different Exchangeable Sodium Percentage(ESP)(2, 5, 10 and 20) and different clay contents(10%, 20%, 40% and 60%) under rainfall simulation. The effects of ESP and clay content of soil on seal formation were discussed by means of shielding chemical and physical seal formation with spreading phosphogypsum(PG) (2000 kg/hm²) and PG plus (polyacrylamide) PAM(PG 2000 kg/hm²+ PAM 20 kg/hm²) on soil surface. In high ESP soils, chemical seal formation is predominated, and in low ESP soils, the physical seal formation take more shares. The physical seal formation is in low degree with low clay content soils, however, developed well in high clay content soils.

Key words: soil seal formation; Exchangeable Sodium Percentage(ESP); clay content; infiltration rate curve