

镁对土壤某些理化性质的影响*

李加宏 俞仁培

(中国科学院南京土壤研究所, 210008)

摘 要

本文研究了镁离子在土壤中的吸附特性和交换性镁对土壤某些物理性质的影响。

试验结果表明: 镁盐阴离子对镁离子侵入土壤吸收复合体能力的影响为: $\text{CO}_3^{2-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ 。在低浓度下, Mg^{2+} 在 Na^+ 陪伴下较其单独存在时更易被含 MgCO_3 的石灰性土壤吸附。在混合盐溶液中, 当盐渍度和 SAR 一定时, Na^+ 在 $\text{Na}^+-\text{Mg}^{2+}$ 体系中比在 $\text{Na}^+-\text{Ca}^{2+}$ 体系中更易被土壤吸附。当 ESP 一定时, 随着土壤吸收复合体中交换性镁百分率 (EMP) 的增加, 分散系数逐渐增加, 饱和导水率和毛管水上升高度逐渐降低, 当 $\text{EMP} > 60\%$ 时, 不再发生变化。随着 ESP 的增加, 交换性镁的不良影响逐渐变小。

盐渍土是干旱、半干旱地区重要的土地资源之一。目前, 对含有过量可溶性盐及交换性钠的盐土和碱土已有了比较全面的认识。然而, 对于土壤中含有较多碳酸镁和交换性镁的镁质土研究则很少, 而且现有的研究成果尚有不同的结论^[7,9,15]。

镁质土在我国甘肃河西走廊、新疆焉耆盆地及黄淮海平原的局部地区都有一定面积的分布^[4,2,4,9]。过去曾对其进行过初步的研究^[1,2]。但是, 迄今为止, 镁对土壤理化性质有何影响尚不清楚。另外, 我国不少地区如黄淮海平原、部分地下水含有大量镁盐, 其含量超过钙和钠^[5,6], 应用这种富镁地下水灌溉是否对土壤理化性质产生不良影响, 引起土壤次生盐碱化, 影响作物生长, 尚缺乏必要的研究。因此, 本文利用室内模拟方法, 研究了镁离子在土壤中的吸附特性及交换性镁对土壤某些物理性质的影响。

一、试验设计和分析方法

(一) 供试土样

供试土样采自河南封丘的沙质黄潮土, 土壤发育于黄河冲积物, 基本理化性质见表1, 其中, 测定方法本身的问题造成交换性阳离子总量大于阳离子交换量。由于整个试验只采用了这一种土壤, 因此, 所得结论只适用于砂质土壤。

(二) 试验设计

1. 土柱模拟试验: 土柱用透明有机玻璃制成, 高50cm, 内径9.5cm, 底层先装入10cm用0.005 mol/L HCl 处理后洗净凉干的石英砂, 其上垫一层滤纸, 然后按容重1.5g/cm³ 分层装土。处理液从底层供给, 表层用红外灯照射, 温度控制在恒温35℃, 最终进入各土柱的处理液体积相同, 照射蒸发时间

* 本文系李加宏硕士论文的部分内容。

表 1 供试土样基本性质

Table 1 The basic properties of soil used in the experiment

颗粒组成 Mechanical composition	砂粒 (g/kg) Sand (1—0.05mm)	粗粉粒 (g/kg) Coarse silt (0.05—0.01mm)	细粘粒 (g/kg) Fine clay (<0.001mm)	质地名称 Texture						
		483.2	397.8	79.6	砂壤土 Sandy loam					
土壤水浸出液 (土:水=1:5) Soil extract (soil:water = 1:5)	pH	电导率 (ms/m) E.C	全盐 (g/kg) Total salt	离子组成 (cmol/kg soil) Composition of ions						
				CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
	8.28	8	0.35	/	0.29	0.09	0.05	0.18	0.04	0.07
交换性阳离子 (cmol/kg土) Exchangeable cations (cmol/kg soil)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ + Na ⁺			CEC			
	2.60	0.44	0.16	3.20			5.11			
MgCO ₃ (g/kg)	6.2									
CaCO ₃ (g/kg)	75.7									
有机质 (g/kg)	2.4									

表 2 处理液离子组成

Table 2 Ion composition of treatment solution

编号 No.	溶液浓度 Concentration of solution		Mg ²⁺ mmolL ⁻¹	Ca ²⁺ mmolL ⁻¹	Na ⁺ mmolL ⁻¹	Mg ²⁺ :Na ⁺ :Ca ²⁺
	mmol/L ⁻¹	g/L				
I	4.78	0.455	4.78	0.00	0.00	2:0:0
II	4.78	0.279	0.00	0.00	4.78	0:2:0
III	9.56	0.734	4.78	0.00	4.78	2:2:0
IV	9.56	0.810	0.00	4.78	4.78	0:2:2
V	11.95	1.000	4.78	2.39	4.78	2:2:1

各土柱略有不同, 平均约 5 个月。试验设五个处理, 三次重复, 处理液按不同 Mg²⁺、Ca²⁺ 和 Na⁺ mmolL⁻¹ 比, 用 MgCl₂、CaCl₂ 和 NaCl 配制而成, 溶液最高浓度为 1.000g/L, 如表 2 所示。

2. 平衡试验: 称取 10 克不含可溶性盐的钙饱和土样 12 份, 置于 100 毫升离心管中, 分别加入浓度约为 0.0005、0.00125、0.0025、0.005、0.0075 和 0.010 molL⁻¹ 的 MgCl₂ 和 MgSO₄ 溶液 50 毫升, 在恒温 27℃ 振荡 1.5 小时, 然后离心分离, 测定上层清液及起始液中镁离子含量。计算绘制镁离子吸附等温线。

另外取 100 克未经任何处理的土壤, 分别加入一定量的 MgCO₃ 或 MgSO₄, 具体比例见表 3、表 4, 再按土水比 1:1 加入去离子水, 不断搅拌, 在 30℃ 恒温下用红外灯烘干。加水两次, 然后测定土壤的电导率、pH、水溶性及交换性钙镁。在试验设计中, 原土壤的 MgCO₃ 计算在内, MgSO₄ 因含量极低, 故忽略不计。

3. 土壤物理性质试验: 将按常规法制得的 Na⁺、Mg²⁺ 和 Ca²⁺ 饱和土按一定比例混合, 加去离子水饱和和密封反应 30 天后风干, 测定土壤的分散系数, 饱和导水率、毛管水上升高度和破裂系数。土壤交换性阳离子组成见表 5。

表 3 土壤中 $MgCO_3$ 加入量Table 3 The amount of $MgCO_3$ added to soil

编 号 No.	1	2	3	4
$MgCO_3$ 加入量 (g/kg soil) Amount of $MgCO_3$ added to soil	6.4	12.8	19.1	25.5
土壤 $MgCO_3$ 含量 (g/kg) $MgCO_3$ content in soil	12.5	18.7	24.8	30.8

表 4 土壤中 $MgSO_4$ 加入量Table 4 The amount of $MgSO_4$ added to soil

编 号 No.	5	6	7	8	9	10	11
$MgSO_4$ 加入量 (g/kg soil) Amount of $MgSO_4$ added to soil	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0
土壤 $MgSO_4$ 含量 (g/kg) $MgSO_4$ content in soil	1.0	2.0	4.0	6.0	7.9	9.9	11.9

表 5 土壤交换性阳离子组成

Table 5 The composition of exchangeable cations in soil

编 号 No.	Na^+ (%)	Mg^{2+} (%)	Ca^{2+} (%)	$\frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$ (%)	$\frac{Ca^{2+}}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$ (%)
12	0	0	100	0	100
13	0	100	0	100	0
14	5	0	95	0	100
15	5	19	76	20	80
16	5	38	57	40	60
17	5	57	38	60	40
18	5	76	19	80	20
19	5	95	0	100	0
20	10	0	90	0	100
21	10	18	72	20	80
22	10	36	54	40	60
23	10	54	36	60	40
24	10	72	18	80	20
25	10	90	0	100	0
26	20	0	80	0	100
27	20	16	64	20	80
28	20	32	48	40	60
29	20	48	32	60	40
30	20	64	16	80	20
31	20	80	0	100	0

(三) 土壤化学和物理分析方法

水溶性盐的测定水土比为 5:1。交换性钠用盖德洛依茨法。阳离子交换量 (CEC) 用查尔楚克法。碳酸盐含量用盐酸-EDTA 法^[6]。交换性 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 用 pH 8.1 $BaCl_2$ -三乙醇胺法制备待测液, 然后

用离子色谱测定其中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量。

土壤分散系数用吸管法。土壤饱和导水率用中国科学院南京土壤研究所物理室研制的饱和导水率测定仪测定, 根据达西公式进行计算。土壤毛管水上升高度用玻管直接观测法。土壤破裂系数: 小环刀土蕊 105°C 烘干, 无侧限压缩仪测定, 按下列公式计算:

$$B = \frac{F}{3.14rh}$$

式中: B 为破裂系数 (kg/cm^2), F 为破碎土蕊所用力 (kg), r 为土蕊半径 (cm), h 为土蕊高度 (cm)。

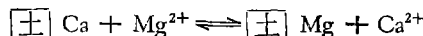
二、结果与讨论

(一) Mg^{2+} 、 Na^+ 和 Ca^{2+} 在土壤中的吸附特性

1. 阴离子对 Mg^{2+} 吸附的影响: 在土壤中镁盐主要以 MgCl_2 、 MgSO_4 和 MgCO_3 三种比较稳定的形态存在。 MgCO_3 难溶于水, 其饱和液中 MgCO_3 、 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 同时存在, 而且溶液中 CO_3^{2-} 和 Mg^{2+} 的含量受空气中 CO_2 分压及其它因素影响, 很难准确测定, 因此, 采用常规的测定离子吸附等温线的方法研究 CO_3^{2-} 对 Mg^{2+} 吸附的影响非常困难, 必须将固体 MgCO_3 加入土壤中, 使其与交换性镁达到平衡, 然后测定土壤中 MgCO_3 含量与交换性镁含量的关系, 研究 CO_3^{2-} 对 Mg^{2+} 吸附的影响。

图 1 表明, 当平衡液中 Mg^{2+} 浓度相同时, Mg^{2+} 以 MgSO_4 形式较以 MgCl_2 形式存在时更利于被土壤吸附。图 2、3、4、5 表明, 随着土壤中 MgCO_3 含量的增加, 交换性镁急剧地增加, 交换性钙急剧地下降, 当 MgCO_3 含量大于 $20\text{g}/\text{kg}$ 时, 交换性钙趋于稳定。随着土壤中 MgSO_4 含量的增加, 交换性镁缓慢地增加, 交换性钙缓慢下降, 当 MgSO_4 含量大于 $8\text{g}/\text{kg}$ 时, 交换性钙趋于稳定。

造成上述差异的原因是由于盐分的溶解度不同; $\text{CaCl}_2 > \text{CaSO}_4 > \text{CaCO}_3$ 。土壤的吸附作用是一种可逆反应, 土壤溶液中的 Mg^{2+} 与交换性钙的反应可用下式表示:



上述三种阴离子与 Ca^{2+} 的亲合能力依次为: $\text{CO}_3^{2-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ 。阴离子与 Ca^{2+} 的亲合能力越大, 越利于反应向右进行, 越利于 Mg^{2+} 的吸附。

由以上分析可知, 镁盐阴离子对镁离子侵入土壤吸收复合体能力的影响为: $\text{CO}_3^{2-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ 。

2. 阳离子对 Mg^{2+} 吸附的影响: 在土柱模拟试验中, 由于红外灯的功率及其距土柱表面的距离很难控制一致; 土壤装的也不可能完全均匀, 造成蒸发速度不同。进入各土柱

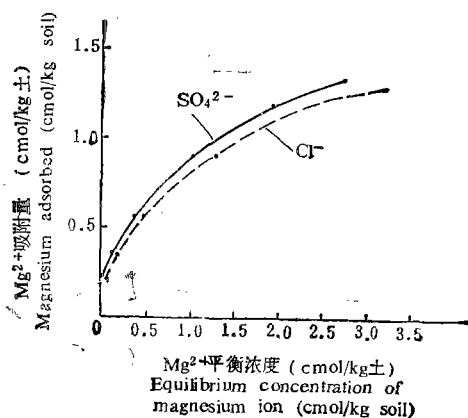


图 1 MgCl 和 MgSO_4 溶液的 Mg^{2+} 吸附等温线 (27°C)

Fig. 1 Adsorption isotherm of magnesium in MgCl and MgSO_4 solutions (27°C)

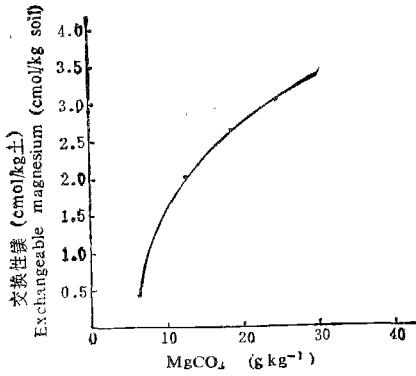


图2 土壤交换性镁与 $MgCO_3$ 含量的关系
Fig. 2 The relationship between exchangeable magnesium and $MgCO_3$ contents in soil

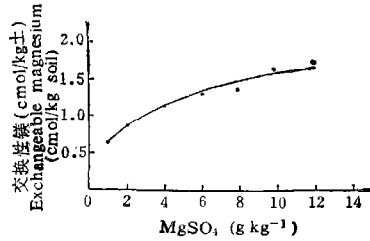


图3 土壤交换性镁与 $MgSO_4$ 含量的关系
Fig. 3 The relationship between exchangeable magnesium and $MgSO_4$ contents in soil

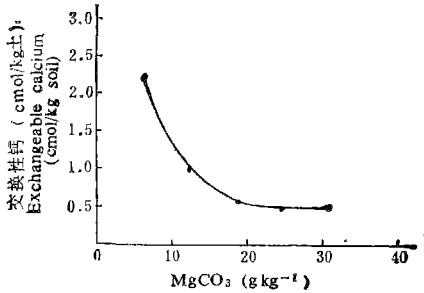


图4 土壤交换性钙与 $MgCO_3$ 含量的关系
Fig. 4 The relationship between exchangeable calcium and $MgCO_3$ contents in soil

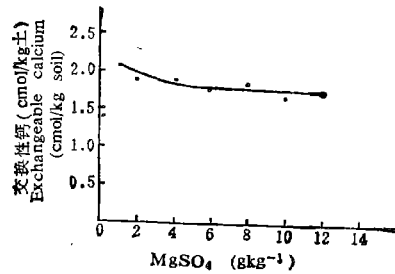


图5 土壤交换性钙与 $MgSO_4$ 含量的关系
Fig. 5 The relationship between exchangeable calcium and $MgSO_4$ contents in soil

表6 处理 III 与 I 交换性镁比较

Table 6 The comparison of exchangeable magnesium between treatment III and I

处 理 Treatment		重 复 Replication			
编 号 No.	$Mg^{2+}:Na^+:Ca^{2+}$	1	2	3	均值
III	2:2:0	0.612	0.645	0.651	0.636
I	2:0:0	0.548	0.582	0.600	0.577

单位: $cmol/kg \pm$

$$S_0^2 = \frac{\sum(x_1 - \bar{x}_1)^2 + \sum(x_2 - \bar{x}_2)^2}{n_1 + n_2 - 2} = 0.00057$$

$$S_d = \sqrt{\frac{2S_0^2}{n}} = 0.0195$$

$$|t| = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{S_d} = 3.026^* \text{ (差异显著)}$$

当自由度等于 4 时: $t_{0.02} = 2.776$ $t_{0.01} = 4.604$

表 7 处理 V 与 I 交换性镁比较

Table 7 The comparison of exchangeable magnesium between treatment V and I

处 理 Treatment		重 复 Replication			
编 号 No.	Mg ²⁺ :Na ⁺ :Ca ²⁺	1	2	3	均 值
V	2:2:1	0.651	0.662	0.663	0.659
I	2:0:0	0.548	0.582	0.600	0.577

单位: cmol/kg 土

$$S_e^2 = 0.00037 \quad S_d = 0.0157$$

$$|t| = 5.223^{**} \text{ (差异显著)}$$

表 8 处理 V 与 III 交换性镁比较

Table 8 The comparison of exchangeable magnesium between treatment V and III

处 理 Treatment		重 复 Replication			
编 号 No.	Mg ²⁺ :Na ⁺ :Ca ²⁺	1	2	3	均 值
V	2:2:1	0.651	0.662	0.663	0.659
III	2:2:0	0.612	0.645	0.651	0.636

单位: cmol/kg 土

$$S_e^2 = 0.00024 \quad S_d = 0.0127$$

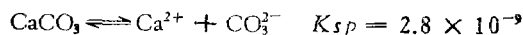
$$|t| = 1.811 \text{ (差异不显著)}$$

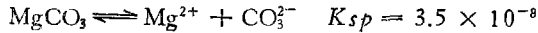
的镁离子量虽然相等,但是,不同处理及同一处理的不同重复之间 Mg²⁺ 在土柱中的分布是不一样的。因此,本研究以 Mg²⁺ 在土柱中的加权平均值作为衡量土壤中 Mg²⁺ 含量的指标。以后谈到的土壤 Na⁺、Ca²⁺ 含量亦是它们在各土柱中的加权平均值。统计分析结果如表 6、7、8 所示。

从表 6 可以看出,当处理液中 Mg²⁺ 浓度相同时, Mg²⁺ 在 Na⁺ 存在下较其单独存在时更易进入土壤吸收复合体。表 7 表明, Na⁺ 和 Ca²⁺ 合在一起对 Mg²⁺ 吸附有一定促进作用,但是,不能说明这种作用是由 Na⁺ 还是 Ca²⁺ 引起的。表 8 表明,处理 V (Mg²⁺:Na⁺:Ca²⁺ = 2:2:1) 与 III (Mg²⁺:Na⁺:Ca²⁺ = 2:2:0) 之间交换性镁差异不显著,即二者之间的差别是由误差而不是处理造成的, Ca²⁺ 对 Mg²⁺ 吸附无影响。由此可推断,处理 V (Mg²⁺:Na⁺:Ca²⁺ = 2:2:1) 与 I (Mg²⁺:Na⁺:Ca²⁺ = 2:0:0) 之间交换性镁的差异是由 Na⁺ 造成的。这与从表 6 得到的结论是一致的。

Na⁺ 对 Mg²⁺ 吸附的促进作用主要是由多相离子平衡中的同离子效应与盐效应引起的。在石灰性土壤中,含盐溶液进入土壤后形成的土壤溶液即为一种多相离子平衡溶液。由于本研究所用土壤含盐量很低 (0.35g/kg),在计算离子强度时,可溶性盐忽略不计。根据强电解质和难溶性电解质理论,可以计算出土壤中的 CaCO₃、MgCO₃ 在处理 I (Mg²⁺:Na⁺:Ca²⁺ = 2:0:0) 和 III (Mg²⁺:Na⁺:Ca²⁺ = 2:2:0) 中的解离度。

在处理 I 中存在着如下两个平衡反应:





离子强度 $u = \frac{C_1 Z_1^2 + C_2 Z_2^2}{2} = 0.01434$ (在计算离子强度时,因 CaCO_3 和 MgCO_3 的解离度极低,解离出的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 及 CO_3^{2-} 忽略不计)

Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 及 CO_3^{2-} 同为二价离子,活度系数相同。

$$\lg f_i = -0.509 Z_i^2 \sqrt{u} = -0.2438$$

$$f_i = 0.57$$

设 MgCO_3 解离出的 Mg^{2+} 量为 $x \text{ molL}^{-1}$, 则: $[\text{CO}_3^{2-}] = x \text{ molL}^{-1}$ 。

$$K_{ap_{\text{MgCO}_3}} = (x + 0.00478) \cdot f_i \cdot x \cdot f_i \quad (K_{ap} = K_{sp})$$

因 x 很小,故: $x + 0.00478 \approx 0.00478$

$$x = \frac{K_{ap}}{0.00478 f_i^2} = 2.25 \times 10^{-5} \text{ (molL}^{-1}\text{)}$$

即: MgCO_3 解离出的 Mg^{2+} 量为: $2.25 \times 10^{-5} \text{ molL}^{-1}$ 。

如果不考虑 MgCO_3 与 CaCO_3 解离出的 CO_3^{2-} 的相互影响,按上述方法可计算出 CaCO_3 解离出的 CO_3^{2-} 浓度为 $9.27 \times 10^{-5} \text{ molL}^{-1}$ 。显然大于 MgCO_3 解离出的 CO_3^{2-} 浓度,又因 Mg^{2+} 浓度很高, Mg^{2+} 将与 CaCO_3 解离出的 CO_3^{2-} 反应形成沉淀。所以, MgCO_3 解离出的 CO_3^{2-} 量决定了 CaCO_3 溶度积常数中 CO_3^{2-} 的浓度。

$$K_{ap_{\text{CaCO}_3}} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot f_i \cdot [\text{CO}_3^{2-}] \cdot f_i \quad (K_{ap} \approx K_{sp})$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = \frac{K_{ap}}{[\text{CO}_3^{2-}] \cdot f_i^2} = 3.83 \times 10^{-4} \text{ (molL}^{-1}\text{)}$$

根据上述方法,同理可以计算出处理 III 中土壤原有 MgCO_3 解离出的 Mg^{2+} 量为: $2.7 \times 10^{-5} \text{ molL}^{-1}$, CaCO_3 解离出的 Ca^{2+} 量为: $3.82 \times 10^{-4} \text{ molL}^{-1}$ 。

由以上理论计算可以看出: 处理 III ($\text{Mg}^{2+}:\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+} = 2:2:0$) 中 MgCO_3 解离出的 Mg^{2+} 量比处理 I ($\text{Mg}^{2+}:\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+} = 2:0:0$) 增加了 20.44%, 而 CaCO_3 解离出的 Ca^{2+} 量与处理 I 相比却无变化,由于溶液中 Mg^{2+} 浓度增加,胶体上交换性镁含量也相应增加,增加 10.23%。

处理 V ($\text{Mg}^{2+}:\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+} = 2:2:1$) 与处理 III ($\text{Mg}^{2+}:\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+} = 2:2:0$) 之间交换性镁无差异的原因比较复杂。尚不能作出肯定的解释,有待今后研究。

表 9 处理 III 与 IV 交换性钠比较

Table 9 The comparison of exchangeable sodium between treatment III and IV

处 理 Treatment		重 复 Replication			
编 号 No.	$\text{Mg}^{2+}:\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$	1	2	3	均 值
III	2:2:0	0.243	0.259	0.266	0.256
IV	0:2:2	0.189	0.193	0.206	0.193

单位: cmol/kg 土

$$S_1^2 = 0.000109 \quad S_2^2 = 0.00852$$

$$|t| = 7.042^{**} \text{ (差异极显著)}$$

3. Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 对 Na^+ 吸附的影响: 试验结果表明,在低矿化度下,当盐渍度和 SAR 一定时, Na^+ 在 $\text{Na}^+-\text{Mg}^{2+}$ 体系中比在 $\text{Na}^+-\text{Ca}^{2+}$ 体系中更易被吸附。统计分析结果如表 9 所示。试验结果与 Kelley 和 Brown 等(1940), Kanwar 和 Ram Deo (1969) 及 Paliwal 和 Gandhi (1976) 等的结论一致^[12-14]。

供试土壤粘土矿物以水云母为主,水云母占矿物组成的 $62.8 \pm 2.3\%$, 蒙脱石: $26.8 \pm 2.9\%$, 绿泥石: $5.6 \pm 1.0\%$, 高岭石: $4.8 \pm 0.9\%$ ^[1]。由于伊利石和蒙脱石对 Ca^{2+} 的吸附能力大于 Mg^{2+} ^[10,11], 另外,钙的离子半径比镁大,易极化,比镁更易被胶体表面吸附,与钠离子竞争吸附的能力比镁强。所以, Na^+ 在 $\text{Na}^+-\text{Mg}^{2+}$ 体系中比在 $\text{Na}^+-\text{Ca}^{2+}$ 体系中更易被吸附。

(二) 交换性镁对土壤物理性质的影响

1. 土壤分散系数: 试验结果(图 6)表明,在一定的 ESP 条件下,随着土壤吸收复合体中交换性镁百分率 (EMP) 的增加,分散系数逐渐增加,当 $\text{EMP} > 60\%$ 时不再发生变化。增加幅度因 ESP 不同而异。

交换性镁引起土壤分散的原因可能是因为镁本身的化学特性。 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的离子半径分别是 0.100nm 和 0.072nm , 水化热分别是 1.60×10^3 和 1.94×10^3 千焦/摩尔,由于 Mg^{2+} 的水化热比 Ca^{2+} 高 21%。离子半径小,凝聚能力低,造成土壤易分散。Bakker、Emerson (1973) 也持这种观点^[6]。

2. 土壤饱和导水率与毛管水上升高度: 试验结果(图 7,图 8)表明,在一定的 ESP

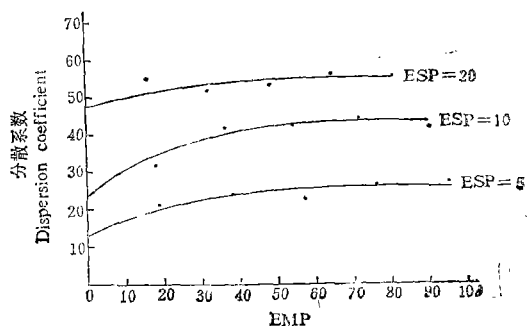


图 6 分散系数与交换性镁的关系

Fig. 6 The relationship between dispersion coefficient and exchangeable magnesium in soil

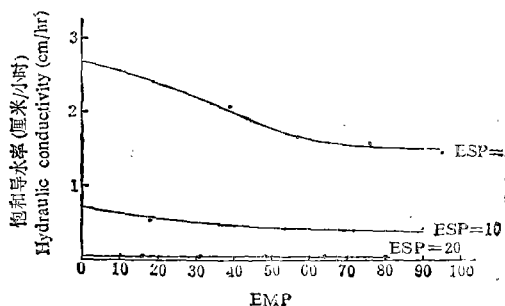


图 7 饱和导水率与交换性镁的关系

Fig. 7 The relationship between hydraulic conductivity and exchangeable magnesium in soil

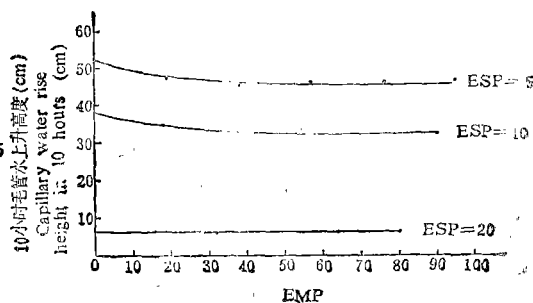


图 8 毛管水上升高度与交换性镁的关系

Fig. 8 The relationship between capillary water rise height and exchangeable magnesium in soil

1) 蒋梅茵等,1985: 潘店万亩示范区综合治理研究资料。

条件下,随着土壤 EMP 的增加,饱和导水率和毛管水上升高度逐渐下降,下降幅度因 ESP 不同而异,ESP 越小,变化越明显,当 ESP = 20 时,变化已不明显。EMP > 60% 时基本上不再变化。这主要是交换性镁引起土壤分散,堵塞了导水孔隙造成的。

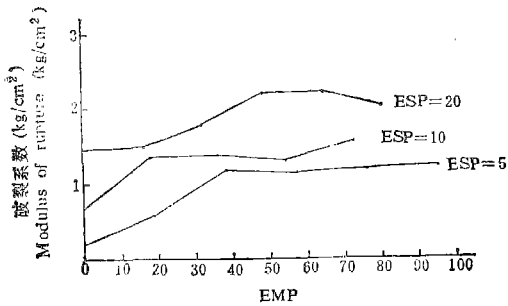


图 9 破裂系数与交换镁的关系

Fig. 9 The relationship between modulus of rupture and magnesium in soil

3. 土壤破裂系数: 我们用破裂系数来表示土壤结壳强度。试验结果(图 9)表明,当 ESP = 5 时,破裂系数的变化与相应的分散系数一致。当 ESP 等于 10 和 20 时,随着 EMP 的增加,破裂系数虽有所增加,但规律性不明显。这是由于破裂系数受土壤粘粒含量、矿物组成及土壤水分等影响^[16,17]。卢升高、俞仁培(1985)曾报道,ESP 增加并不明显地增加砂质土的破裂系数^[3]。由此可见,砂质土破裂系数对土壤吸收复合体

中阳离子组成变化的反应没有其它物理指标明显。

钙饱和土与镁饱和土物理性质的测定结果(表 10)表明,交换性镁与交换性钙对土壤物理性质的影响明显不同,钙饱和土与镁饱和土的四个指标经 T 检验差异均达 5% 显著水平。

表 10 钙饱和土与镁饱和土的某些物理性质

Table 10 Some physical properties of calcium-saturated soil and magnesium-saturated soil

名称 Name	分散系数 Dispersion coefficient	饱和导水率 (cm/hr) Hydraulic conductivity	3 小时毛管水上升高度 (cm) Capillary water rise height in 3 hours	破裂系数 (kg/cm ²) Modulus of rupture
钙饱和土	13.07	2.73	30.33	0.18
镁饱和土	21.86	2.51	28.67	0.25

由以上讨论可知,与交换性钙相比,交换性镁对土壤物理性质具有明显的不良影响,但远不及交换性钠。另外,由 Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 对 Na⁺ 吸附影响的讨论可知,与钙相比,镁还通过促进钠的吸附间接地恶化土壤物理性质。

三、结 论

1. 镁盐阴离子对镁离子侵入土壤吸收复合体能力的影响为: CO₃²⁻ > SO₄²⁻ > Cl⁻。
2. 在低浓度下, Mg²⁺ 在 Na⁺ 存在下较其单独存在时更易被含 MgCO₃ 的石灰性土壤吸附。
3. 在混合盐溶液中,当盐渍度和 SAR 一定时, Na⁺ 在 Na⁺-Mg²⁺ 体系中比在 Na⁺-Ca²⁺ 体系中更易被土壤吸附。

4. 当 ESP 一定时, 随着土壤吸收复合体中交换性镁百分率 (EMP) 的增加, 分散系数逐渐增加, 饱和导水率和毛管水上升高度逐渐降低。当 $EMP > 60\%$ 时不再发生变化。与交换性钙相比, 交换性镁对土壤物理性质具有明显的不良影响, 但远不及交换性钠, 随着 ESP 的增加, 交换性镁的不良作用逐渐变小。另外, 与钙相比, 镁还通过促进钠离子的吸附间接地恶化土壤物理性质。

参 考 文 献

- [1] 田兆顺、董汉章, 1977: 河西走廊镁质碱化盐渍土的初步研究。土壤, 第 5 期, 233—240 页。
- [2] 刘向来, 1985: 镁质碱化土的改良。土壤通报, 第 2 期, 62—63 页。
- [3] 卢升高、俞仁培、王遵亲, 1985: 交换性钠对砂质土壤物理性质和小麦生长的影响。土壤通报, 第 15 期, 213—214 页。
- [4] 许志坤, 1980: 新疆盐碱土改良。新疆人民出版社。
- [5] 安徽水力局勘测设计院、中国科学院南京土壤研究所, 1976: 安徽淮北平原土壤。上海人民出版社。
- [6] 俞仁培、杨道平、石万普、蔡阿兴等, 1984: 土壤碱化及其防治。农业出版社。
- [7] С. И. Соколов (黄玉译), 1965: 土壤的镁质碱化问题。土壤译丛, 第 5 期, 1—7 页。
- [8] Bakker, A. C., Emerson, W. and Oades, J. M., 1973: The comparative effect of exchangeable calcium, magnesium and sodium on some properties of red-brown earth subsoils. Aust J. Soil Res, 11: 143—150.
- [9] Darab, K., 1980: magnesium in solonetz soils, Int Symp. Salt Affected soils 1980, Symposium Paper: 99—101.
- [10] Garrison Sposito, Kenneth. M, Holtzclaw, Claize Jonany and Laurent Charict, 1983: Cation selectivity in sodium-calcium, sodium-magnesium and calcium-magnesium exchange on Wyoming bentonite at 298k. Soil Sci. Soc. Am J., 47: 917—921.
- [11] Garrison Sposito, Levesque, C. S., and Dean Hesterberg, 1986: Calcium-magnesium exchange on illite in the present of adsorbed sodium, Soil Sci. Soc. Am J, 50: 905—909.
- [12] Kanwan. J. S. and Ram Do, 1969: Potassium and magnesium in irrigation water and their effects on the physico-chemical properties of soil, J. Indian Soc. Soil Sci, 17: 217—226.
- [13] Kelley, W. P., Brown. S. M. and Liebig. G. F. JR, 1940: Chemical effects of saline irrigation water on soils, Soil Sci, 49: 95—107.
- [14] Klages. M. G., 1966: Effects of clay type and exchangeable cations on aggregation and permeability of solonetz soils, Soil Sci, 102: 46—52.
- [15] Mate. F., 1955: Accumulation of magnesium ions in absorption complex of meadow soils beyond the river Tisza, Agrochemia es Jalajtan, 4: 291—298.
- [16] Petezvel Lemos and Lutz. J. F., 1957: Soil crusting and some factors affecting it, Soil Sci. Soc. Am. Proc, 21: 485—491.
- [17] Richards. L. A., 1953: Modulus of rupture as an index of crusting of soil, Soil Sci. Soc. Am Proc, 17: 321—323.

EFFECT OF MAGNESIUM ON SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SOIL

Li Jiahong and Yu Renpei

(*Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing, 210008*)

Summary

The present paper deals mainly with the adsorption characteristics of magnesium ion in soil and the effect of exchangeable magnesium on some physical properties of soil.

The experimental results indicate that the effect of anions of magnesium salts on magnesium ion to intrude into soil absorbing complex was in the order of $\text{CO}_3^{2-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$. Accompanied by sodium ion, magnesium ion was more easily adsorbed by calcareous soil containing magnesium carbonate than when it exists alone in soil solution with a low salinity. Sodium ion was more easily adsorbed by soil in $\text{NaCl}-\text{MgCl}_2$ solution than in $\text{NaCl}-\text{CaCl}_2$ solution when salinity and SAR were given. The dispersion coefficient increased, but the hydraulic conductivity and capillary water rise height decrease gradually with the increase of exchangeable magnesium percentage (EMP) in soil absorbing complex of given ESP. However, when EMP was over 60%, the change became indistinct. The adverse effect of exchangeable magnesium on soil physical properties was getting weaker with the increase of ESP.