

# 盐效应和同离子效应对石膏改良碱土的影响

王邵宇<sup>1</sup>, 李典友<sup>2</sup>

(1. 安徽农业大学农学院, 安徽 合肥 230036; 2. 皖西学院, 安徽 六安 237012)

**摘要:** 采用土柱灌洗试验方法, 用 0.1 mol/L 的 NaCl 溶液和 0.1 mol/L 的 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液及蒸馏水分别对 3 组 30 cm 土柱(0~10 cm 为石膏与碱土均匀混合层, 10~30 cm 为碱土层)进行多次灌洗并收集滤液化验分析, 研究 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 在石膏改良碱土中所起的不同作用。结果表明, NaCl 在碱土改良过程中有一定盐效应, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 的同离子效应加强了碱化过程, 抑制了脱碱化过程的进行。3 种溶液的对 CaSO<sub>4</sub> 溶解量的促进作用在各自单独灌洗时依次为 NaCl>蒸馏水>Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>。

**关键词:** 盐效应; 同离子效应; 石膏; 碱土; 改良

**中图分类号:** S156.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2019)05-0029-07

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2019.05.008](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2019.05.008)

我国冲积平原的盐碱土区, 碱土多为草甸碱土。由于尚未完全脱离地下水的影响, 因此土体中或多或少存在 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>。前人的工作业已证明, 石膏具有改良盐碱土的效应和潜力。赵锦慧等<sup>[1]</sup>运用土柱模拟石膏改良碱化土壤的过程, 认为最佳灌水量与石膏的处理方式有关, 表明先将一定量的石膏混匀施入表层土壤, 灌入 134.47 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>

水, 然后将剩余的石膏表施于地表进行灌水的方式比较经济。金梁等<sup>[2]</sup>设置室内试验, 将石膏计划改良层定为 40 cm, 石膏与 0~10 cm 土层混匀后, 装填 0~40 cm 土柱于室内进行分次灌洗试验, 结果表明, 4 次灌水后, 0~40 cm 土层物理通透性改善, pH 由 9.25 降到 8.20, 碱化度均基本达到 10, 最经济纯石膏理论改良用量为 0.05 t/hm<sup>2</sup>。苗

**收稿日期:** 2018-10-19

**作者简介:** 王邵宇(1999—), 男, 安徽亳州人, 研究方向为栽培及土壤。Email: ywengb99@163.com。

**通信作者:** 李典友(1963—), 男, 安徽舒城人, 教授, 博士, 主要从事土壤生态与碳循环研究工作。Email: ywengb99@163.com。

折合产量最高, 为 2 643.64 kg/hm<sup>2</sup>, 较对照品种平荞 6 号增产 250.00 kg/hm<sup>2</sup>, 增产率 10.58%, 可在天水市及周边同类地区推广种植。定苦 2001-7 折合产量 2 553.03 kg/hm<sup>2</sup>, 较平荞 6 号增产 189.39 kg/hm<sup>2</sup>, 增产率 8.01%; 云荞 1 号折合产量 2 530.30 kg/hm<sup>2</sup>, 较平荞 6 号增产 7.05%, 这 2 个品种有待进一步试验观察。

## 参考文献:

- [1] 张素梅, 王宗胜. 中国荞麦资源品质区划初探[J]. 甘肃农业科技, 2018(8): 21-23.
- [2] 杨武德, 石建国, 魏亦文. 现代杂粮生产[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2001:

83-85.

- [3] 武春燕, 李铁鹏, 于靖, 等. 荞麦芦丁开发利用中存在的问题及探讨[J]. 中国农村小康科技, 2006(8): 60-62; 75.
- [4] 赵钢, 彭镰心, 向达兵. 荞麦栽培学[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 1-11.
- [5] 杜燕萍, 常克勤, 王敏, 等. 甜荞引种试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2008(5): 21-23.
- [6] 贾瑞玲, 魏丽萍, 马宁. 甜荞品种比较试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2014(1): 25-26.
- [7] 马宁, 刘彦明, 魏立平, 等. 荞麦新品种定苦荞 1 号选育报告[J]. 甘肃农业科技, 2016(9): 1-4.

(本文责编: 陈伟)

友顺等<sup>[3]</sup>的研究表明,施用石膏处理的棉花株高、果枝数、单株成铃比对照均有不同程度增加,棉花产量增产明显,施量以 3 750 kg/hm<sup>2</sup> 左右为宜。陈建等<sup>[4]</sup>通过 2 a 田间试验表明,施用适量的脱硫石膏配合滴灌能改善土壤理化性质利于枸杞生长。刘娟等<sup>[5]</sup>研究了滴灌条件下脱硫石膏对盐碱土壤理化性质以及土壤重金属含量的影响,评估脱硫石膏改良盐碱土的可行性和安全性。李芙蓉等<sup>[6]</sup>采用土壤饱和浸提液、土水质量比 1:1 浸提液和土水质量比 1:5 浸提液 3 种方法,测定了苏北滩涂地区施用石膏改良土壤样品的电导率和 pH,结果发现浸提液电导率均随石膏添加有一定程度升高,施用石膏能显著改善土壤碱化程度,降低土壤 pH。

众多研究表明,石膏或脱硫石膏对于改善盐碱土的理化性状及作物响应方面具有积极的作用,而且伴随着灌溉(滴灌)设施的配置,改良效果较为显著,且石膏在蒸馏水中的溶解度为 1.76 ~ 2.10 g/L,平均为 2.00 g/L; NaCl 有盐效应,因而提高了石膏的溶解度; Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 对石膏有同离子效应,因而又抑制了溶解度<sup>[7-11]</sup>。然而在碱土中,NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 对溶解度的影响尚未见报道。至于对石膏的渗漏影响,对交换性钠和交换性镁在争夺石膏中的作用,也未见报道。NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 在石膏改良碱土中的效果较好,有必要进一步探索。我们运用土柱进行室内模拟碱化土壤的改良,确定改良安徽冲积平原上的轻度盐化草甸碱土所需的最佳灌水量,以期为田间改良和利用这一地区碱化土壤提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试土样

土样采自安徽省砀山县赵屯镇苏打化一硫酸盐氯化物轻度盐化草甸碱土。采集 0 ~ 20 cm 土层的混合样,经过风干、过 1 mm 筛、均匀混合后,对其离子组成的测定结果见表 1、表 2。

表 1 供试土样的水溶性离子含量

提取液 阴阳离子	pH	水提取液 阴/阳离子 浓度 /(mmol/kg)	水提取液 阴/阳离子占总 离子的百分比 /%
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	9.25	1.20	4.82
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	9.25	3.00	12.05
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	9.25	5.20	20.88
Cl <sup>-</sup>	9.25	15.50	62.25
Ca <sup>2+</sup>	9.25	0.20	0.80
Mg <sup>2+</sup>	9.25	0.60	2.41
K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup>	9.25	24.10	96.79

表 2 供试土样的交换性离子含量

交换性 盐基	总交换量 /(cmol/kg)	交换性 盐基浓度 /(cmol/kg)	交换性盐基 占总交换量的 百分比 /%
Ca <sup>2+</sup>	11.020	1.660	1.506
Mg <sup>2+</sup>	11.020	2.230	2.024
Na <sup>+</sup>	11.020	3.430	3.112
K <sup>+</sup>	11.020	3.700	3.358

### 1.2 实验方法

设计了 C<sub>10</sub>-S、C<sub>10</sub>-Y、C<sub>10</sub>-T 等 3 组 0 ~ 10 cm 土柱,所用的装土材料统一为玻璃柱,内径 3.79 cm,横截面积 11.28 cm<sup>2</sup>。土柱均用尼龙纱包住底部。根据野外 1.6 m 深的剖面各层次容重的平均值,土柱设计容重值为 1.4 g/cm<sup>3</sup>。装入供试土样,并固定土柱。其中 0 ~ 10 cm 为石膏混合层,S 代表蒸馏水灌溉,Y 代表 0.1 mol/L 的 NaCl 溶液灌溉,T 代表 0.1 mol/L 的 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液灌溉。石膏的施用量根据 0 ~ 30 cm 计划改良层标准土样的 NaHCO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、交换性钠、交换性镁的总量计算,得 30.08 mmol(2.05 g)石膏。然后进行小定额灌溉,收集滤液测定,然后分析比较。

### 1.3 测定方法

标准土样用水采用土质量比为 1:1 浸提液进行离子测定。Cl<sup>-</sup> 用硝酸银滴定法, Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 用 EDTA 滴定法, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 用反滴定法, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 用硫酸滴定法, K<sup>+</sup>+Na<sup>+</sup> 用差减法,交换性 K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup> 用醋酸铵-火焰光度法,

交换性镁用醋酸钠法，交换量用交换性钾、钠、钙、镁之和求得。pH 用酸度计测得。

1.4 数据整理

通过分析原土样和滤液中成分的变化，经计算得出土柱的渗吸时间，渗透时间，田间持水量(%容)，通量，流量，蒸发损失；石膏的溶解量、溶解率和溶解浓度，残余量和残余率，渗漏量、渗漏率和渗漏浓度，石膏的转化量、转化率和转化浓度，石膏与 NaHCO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 转化量和转化率，与 Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 转化量和转化率，石膏与交换性钠转化量、转化率和转化浓度，与交换性镁转化量、转化率和转化浓度；溶解的 CaCO<sub>3</sub> 与交换性钠的转化量、转化率和转化浓度；脱碱率。在获得以上参数之后，系统分析各种改良技术的正面和负面作用，得出一个最佳方案。

2 结果与分析

2.1 灌洗对离子组成变化的影响

从表 3 可以看出，开始灌洗时，氯离

子大部分被淋失，由于石膏的溶解，pH 均迅速降到 8 以下，碱性盐离子(CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)减少，钙、镁、钠、硫酸根离子均增大，钙离子含量为：C<sub>10</sub>-Y-1 > C<sub>10</sub>-S-1 > C<sub>10</sub>-T-1。第 2 次灌洗，pH 均在 8 左右，在土壤原有离子大都淋失的情况下和不同溶液的作用下，从石膏中解离出的钙离子量为 C<sub>10</sub>-Y-2 > C<sub>10</sub>-S-2 > C<sub>10</sub>-T-2。脱除镁离子量为 C<sub>10</sub>-Y-2 > C<sub>10</sub>-T-2 > C<sub>10</sub>-S-2。第 3 次灌洗的效果同第 2 次类似，从石膏中解离出的钙离子量为 C<sub>10</sub>-Y-3 > C<sub>10</sub>-S-3 > C<sub>10</sub>-T-3。脱除镁离子量为 C<sub>10</sub>-Y-3 > C<sub>10</sub>-T-3 > C<sub>10</sub>-S-3。

2.2 灌洗对盐分组成的影响

从表 4 可以看出，在 3 种不同溶液下渗作用下，可溶性氯化钠大部分淋失，C<sub>10</sub>-T-1 灌洗的氯化钠多于 C<sub>10</sub>-S-1；溶解的石膏一部分和碱性盐反应，碱性盐消失；硫酸钙被灌洗，流失量为 C<sub>10</sub>-Y-1 > C<sub>10</sub>-S-1 > C<sub>10</sub>-T-1；同时生成一定量的硫酸镁和硫酸

表 3 3 次滤液各离子组成的变化

处理代号	pH	全盐量 / (mmol/kg)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> / (mmol/kg)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / (mmol/kg)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> / (mmol/kg)	Cl <sup>-</sup> / (mmol/kg)	Ca <sup>2+</sup> / (mmol/kg)	Mg <sup>2+</sup> / (mmol/kg)	K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup> / (mmol/kg)
C <sub>10</sub>	9.25	4.14	0.20	0.50	0.86	2.58	0.03	0.10	4.01
C <sub>10</sub> -S-1	7.71	11.96	0	0.12	9.39	2.45	2.47	1.34	8.15
C <sub>10</sub> -Y-1	7.60	20.73	0	0.14	8.78	11.81	11.81	1.86	16.10
C <sub>10</sub> -T-1	7.80	22.91	0	0.15	20.26	2.50	2.50	1.77	19.44
C <sub>10</sub> -S-2	7.95	3.89	0	0.07	3.78	0.04	2.25	0.89	0.75
C <sub>10</sub> -Y-2	8.00	14.73	0	0.07	5.00	9.66	3.42	1.10	10.21
C <sub>10</sub> -T-2	7.97	17.71	0	0.11	17.56	0.04	1.65	1.06	15.00
C <sub>10</sub> -S-3	7.80	3.11	0	0.02	3.06	0.03	2.24	0.58	0.29
C <sub>10</sub> -Y-3	7.75	13.58	0	0.10	3.60	9.88	3.47	0.77	9.34
C <sub>10</sub> -T-3	7.90	16.03	0	0.17	15.85	0.01	1.52	0.70	13.81

表 4 3 次滤液各盐分组成的变化

处理代号	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub>	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	MgSO <sub>4</sub>	NaHCO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaCl	mmol
C <sub>10</sub>	0.03	0	0.10	0.10	0.37	0.86	0.86	2.58	
C <sub>10</sub> -S-1	0.12	2.35	0	1.34	0	5.70	5.70	2.45	
C <sub>10</sub> -Y-1	0.14	2.63	0	1.86	0	4.29	4.29	11.81	
C <sub>10</sub> -T-1	0.15	1.55	0	1.77	0	16.94	16.94	2.56	
C <sub>10</sub> -S-2	0.07	2.18	0	0.89	0	0	0	0.04	
C <sub>10</sub> -Y-2	0.07	3.35	0	1.10	0	0	0.71	9.66	
C <sub>10</sub> -T-2	0.11	1.54	0	1.06	0	0	0.55	0.04	
C <sub>10</sub> -S-3	0.02	2.22	0	0.58	0	0	0.26	0.04	
C <sub>10</sub> -Y-3	0.10	3.37	0	0.22	0	0	0	9.34	
C <sub>10</sub> -T-3	0.17	1.35	0	0.70	0	0	13.8	0.01	

钠。硫酸镁生成量为  $C_{10-Y-1} > C_{10-S-1} > C_{10-T-1}$ 。在第3次灌洗过程中,被溶解的硫酸钙一部分被灌洗,流失量大小为  $C_{10-Y-1} > C_{10-S-1} > C_{10-T-1}$ 。

### 2.3 灌洗对石膏溶解和转化过程的影响

从表5可以看出,首次灌洗下,在脱除原土壤盐分的同时,  $C_{10-S-1}$  脱碱率最大,碱化度最低,其次为  $C_{10-Y-1}$ 、 $C_{10-T-1}$ ;溶解量亦然;渗漏量为  $C_{10-Y-1} > C_{10-S-1} > C_{10-T-1}$ 。原土样的盐分基本灌洗后,同离子效应和盐效应较为明显,溶解量为  $C_{10-Y-2} > C_{10-S-2} > C_{10-T-2}$ ;渗漏损失量为  $C_{10-Y-2} > C_{10-S-2} > C_{10-T-2}$ 。在氯化钠的作用下溶解量最大,但同时与交换性钠的作用量最小,脱碱率最低,与交换性镁作用量最大,而硫酸钠与交换性钠的作用量最大,脱碱率最高。在3种溶液的继续灌洗下,溶解量、渗漏量仍为  $C_{10-Y-1} > C_{10-S-1} >$

$C_{10-T-1}$ ,有渗漏的同时,  $C_{10-Y-3}$  和  $C_{10-T-3}$  与交换性钠的作用量为0,说明在溶液中的钠离子量不断增加的条件下,钙离子和钠离子的交换反应达到了平衡。

从表5还可以看出,第1次灌洗后的渗漏损失,也许未经化学反应而随下降水逃出土柱的石膏。 $C_{10-S-1}$  渗漏损失量为2.35 mmol,损失的浓度恰好为2.00 g/L,基本上没有受到原土中微量NaCl和 $Na_2SO_4$ 的影响,或已互相抵消,故表现为蒸馏水中的溶解度; $C_{10-Y-1}$ 的渗漏损失量为2.63 mmol,损失浓度为2.23 g/L,说明NaCl确实起到了盐效应,加增了饱和浓度; $C_{10-T-1}$ 的渗漏损失量为1.55 mmol,损失浓度为1.32 g/L,说明 $Na_2SO_4$ 确实起到了同离子效应,从而降低了饱和浓度。从3次灌洗的石膏渗漏量看,每次灌洗中,NaCl的盐效应和 $Na_2SO_4$ 的同离子效应都很明显。而3次灌洗之间,

表5 3次滤液石膏溶解和转化过程的变化

处理代号	溶解量 /mmol	溶解率 /%	残余量 /mmol	残余率 /%	渗漏量 /mmol	渗漏率 /%	转化量 /mmol	转化率 /%
$C_{10-S-1}$	8.53	21.27	31.58	78.73	2.35	5.86	6.18	15.41
$C_{10-Y-1}$	7.92	19.75	32.19	80.25	2.63	6.56	5.29	13.19
$C_{10-T-1}$	5.60	13.96	34.51	86.04	1.55	3.86	4.05	10.10
$C_{10-S-2}$	3.78	9.42	27.80	69.31	2.18	5.44	1.60	3.99
$C_{10-Y-2}$	5.00	12.47	27.19	60.50	3.35	8.35	1.65	4.11
$C_{10-T-2}$	3.50	8.73	30.71	77.31	1.54	3.84	2.33	5.81
$C_{10-S-3}$	3.06	7.63	24.74	59.89	2.22	5.53	0.84	2.09
$C_{10-Y-3}$	3.59	8.95	23.60	51.55	3.37	8.41	0.22	0.55
$C_{10-T-3}$	2.05	5.11	26.86	72.20	1.35	3.37	0.70	1.75

  

处理代号	石膏与碱性盐作用量 /mmol	石膏与碱性盐作用率 /%	石膏与交换钠作用量 /mmol	石膏与交换钠作用率 /%	石膏与交换镁作用量 /mmol	石膏与交换镁作用率 /%	碱化度	脱碱率 /%
$C_{10-S-1}$	0.67	1.67	4.27	10.05	1.24	3.09	14.90	69.00
$C_{10-Y-1}$	0.67	1.67	2.86	7.13	1.76	4.34	26.07	46.50
$C_{10-T-1}$	0.67	1.67	1.77	4.26	1.67	4.16	34.71	28.78
$C_{10-S-2}$	0	0	0.71	1.77	0.89	2.22	9.27	11.54
$C_{10-Y-2}$	0	0	0.55	1.37	1.10	2.74	21.71	8.94
$C_{10-T-2}$	0	0	1.17	2.92	1.06	2.04	25.43	19.00
$C_{10-S-3}$	0	0	0.26	0.65	0.58	1.45	7.21	4.22
$C_{10-Y-3}$	0	0	0	0	0.22	0.55	21.71	0
$C_{10-T-3}$	0	0	0	0	0.70	1.75	25.43	0

蒸馏水间、NaCl溶液间、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液间的分别变化不大，只有很小的变化。这种小的变化，可能是石膏因化学反应而变为不饱和，但固相石膏的补充又有个过程，同时下降水流在不停的运行，使得渗漏损失尚未完全饱和就脱离土柱，故略有降低。石膏的这份分化，使得渗漏损失，成为不可避免。而化学过程随时间的突然下降，使得渗漏损失从劣势转化为优势。渗漏损失也随灌水量的增加而增加。

NaCl和Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>对化学反应的影响在均匀混合的石膏混合层，固相石膏的数量是充足的，即可维持渗漏损失的稳定进行，又可维持化学反应的持续发展。NaCl和Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>，除了对石膏溶液的饱和浓度发生盐效应与同离子效应之外，也对化学反应的化学平衡产生重大影响。Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、NaHCO<sub>3</sub>、Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>在土壤中的数量毕竟很少，往往在第一水的渗吸阶段就彻底消失了，而大量存在的是交换性镁和交换性钠。

由于石膏计划外的渗漏损失，使得石膏不能充分满足交换性钠和交换性镁的全部需要，因而突出了交换性钠和镁争夺石膏的矛盾。

从土壤改良的角度分析，本研究的改良对象主要是交换性钠。而交换性镁最好少消耗或不消耗石膏。因为交换性镁在40%以下是无害的。把交换性镁列入计划，为的不与交换钠争石膏，结果石膏渗漏最终还是激化了矛盾。那么，NaCl和Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>在这里扮演了什么角色，这是主要问题。虽然第1次灌洗后，3种滤液的化学特征均处在石膏混合层的变化第一阶段，却已显示出NaCl和Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>对主化学反应的不利影响。Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>不仅对溶解度产生同离子效应，更严重的又是主化学反应的生成物。大量的生成物存在于溶液中，必然加强了主化学反应的逆反应过程。逆反应的发展，开始只是削弱了顺反应的速度，进一步会达到化学平衡，使得交换钠的脱除等于零。第1次灌洗、第2次灌洗

中见到的只是削弱，在第3次灌洗中见到的就是达到化学平衡。我们预测，当固相石膏溶解完了之后，继续以Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液灌洗土柱，逆反应就会成为主要方面，此时不会是脱碱化了，而是发生了碱化过程，碱化度就会愈来愈高。实际上，土壤中的Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>用重碳酸钙镁型的水灌溉，第1次灌洗就把95%的Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>灌洗掉，以后就不起多大作用了。然而地下水灌溉中，常有高含量Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>的水质，用此水灌溉，NaCl的作用对石膏渗漏量即表现为盐效应，又表现为对改良交换性钠的逆反应。在第1次灌洗中，尽管发生了盐效应，其饱和浓度比纯水中高一些，但与交换性钠的作用量却比纯水中小的多。

NaCl在溶液中浓度的增加，是增加了碱化过程。碱化过程产生的CaCl倘遇有Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>，即变为CaSO<sub>4</sub>。随着灌水次数的增加，石膏渗漏量也增加，可能是NaCl与胶体的Ca发生反应的结果。这个反应，既加强脱碱化过程的逆反应，也提高了石膏渗漏量的饱和浓度，加大石膏的渗漏量。所以在第1次灌洗、第2次灌洗中削弱了交换性钠对石膏作用量，第3次灌洗中顺反应与逆反应达到平衡。预测在固相石膏耗尽之后，继续用NaCl溶液灌洗，必将出现进一步碱化，或返碱。

此外我们看到，交换性镁在Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>和NaCl作用下，脱除率得到加强。当NaCl和Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>加强了主化学方程逆反应时，抑制了交换性钠与石膏的顺反应。而对交换性镁与石膏的反应，发现交换性镁的脱除比蒸馏水中更加强。希望交换钠大量脱除，结果是零脱除；不希望交换镁脱除，它却大量脱除。

### 3 小结与讨论

通过土柱灌洗试验方法，研究了NaCl和Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>在石膏改良碱土中所起的不同作用。结果表明，NaCl在碱土改良过程中有一定盐效应，Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>的同离子效应加强了碱化过程，抑制了脱碱化过程的进行。3种溶

液的对  $\text{CaSO}_4$  溶解量的促进作用在各自单独灌洗时为  $\text{NaCl} > \text{蒸馏水} > \text{Na}_2\text{SO}_4$ 。同时可以看出,  $\text{NaCl}$  的盐效应和  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  同离子效应仅仅作用于渗漏损失的这部分石膏上。 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  在化学反应中作为主化学方程的生成物, 加强了逆反应或者加强了碱化过程, 抑制了脱碱化过程的进行。 $\text{NaCl}$  的存在, 也是碱化过程发展的重要因素, 必然抵消脱碱化的发展。 $\text{NaCl}$  的盐效应, 虽然提高了石膏的溶解度, 但对化学反应中的逆反应的不良影响远大于促进作用。 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  不仅因同离子效应影响了溶解度, 而且作为主反应方程的生成物起到强大的逆反应作用。

固相石膏遇水之后发生平衡, 因属难溶盐, 其饱和浓度仅为 2.00 g/L 或 14.69 mmol/L, 达到饱和不再发生溶解。遇到  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  因同离子效应, 其饱和浓度降低, 遇  $\text{NaCl}$  则因盐效应其饱和浓度会升高。受  $\text{NaCl}$  或  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  作用形成的饱和液, 以及未受影响的石膏饱和浓度是稳定的。这种稳定是相对的, 并非不与周围的反应物发生化学反应。只要土壤中存在可与石膏发生化学反应的物质, 只要溶液中有  $\text{CaSO}_4$  存在, 反应总会照常进行的。然而, 发生化学反应的结果, 溶液中的石膏必然消耗若干。消耗之后, 溶液变动为不饱和状态。此时固相石膏立即向溶液中溶解, 以补充其不饱和部分。由于多种化学反应的不断进行, 溶液中的石膏不断消耗, 固体石膏不断溶解, 以保证溶液中的石膏处于饱和状态, 形成有区别又有联系的 3 种状态, 2 个平衡。

固体石膏因不断溶解而不断减少; 处于饱和状态的石膏因化学反应的消耗而变为不饱和, 石膏的再溶解又补充其不饱和部分, 因此溶液中的石膏常处于接近饱和。碱土中的化学反应, 只要有石膏, 只要有反应物质就要有化学反应, 就要消耗溶液中的石膏。因此, 总石膏的溶解度可以分为两部分: 即未发生化学反应而淋到计划层下的石膏,

$\text{NaCl}$  和  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  对石膏发生的盐效应和同离子效应, 仅仅对这部分石膏发生作用。这是由石膏的化学本性所决定, 同时又受同离子效应和盐效应的作用达到饱和浓度或接近饱和浓度, 其变化幅度很小。另一部分石膏与反应物作用, 它已经丧失  $\text{CaSO}_4$  形态, 转化为  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  和  $\text{MgSO}_4$ 。实际溶解的石膏, 超过其溶解度几倍到十几倍, 这是化学反应造成的。而化学反应速度是随时间的变化而减弱的, 是由量变到质变的过程。质变往往是突变, 因此, 化学反应所引起的石膏溶解量的变化, 其幅度很大。

但在改良碱土的过程中, 盐效应和同离子效应只在石膏的溶解度方面有相似的规律, 在改良碱土的实质上即对交换性钠的脱除、碱化度的影响上其作用往往比较复杂, 在化学反应过程中对标准化学反应式站在敌对的位置上, 盐效应和同离子效应已降为次要问题, 且土壤中的盐分存在无论在种类还是在数量上比较复杂, 有待于进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 赵锦慧, 乌力更, 红梅, 等. 石膏改良碱化土壤中所发生的化学反应的初步研究[J]. 土壤学报, 2004(3): 484-488.
- [2] 金梁, 乌力更, 魏丹, 等. 石膏改良苏打碱土. I. 经济改良层石膏用量的确定[J]. 生态学杂志, 2012, 31(7): 1745-1750.
- [3] 苗友顺, 刘卫星, 张枫叶, 等. 石膏不同用量对盐碱棉田改良效果的研究[J]. 农业科技通讯, 2014(8): 114-116.
- [4] 陈建, 王文芬. 滴灌条件下脱硫石膏对甘肃盐碱地的改良效果研究[J]. 节水灌溉, 2018(5): 35-38.
- [5] 刘娟, 张凤华, 李小东, 等. 滴灌条件下脱硫石膏对盐碱土改良效果及安全性的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2017, 31(11): 87-93.
- [6] 李芙蓉, 杨劲松, 姚荣江, 等. 施用石膏对苏北滩涂盐渍土浸提液电导率换算关系的影响[J]. 土壤, 2014, 46(6): 1129-1134.
- [7] 赵瑞. 煤烟脱硫副产物改良碱化土壤研究

## 4种肥料对芝麻干物质及产量的影响

王若鹏, 任果香, 韩俊梅, 文飞, 吕伟, 刘文萍

(山西省农业科学院经济作物研究所, 山西 太原 030000)

**摘要:** 将芝麻生产中常用的4种肥料进行试验, 研究其对芝麻干物质及产量的影响。结果表明, 供试肥料能显著提高芝麻干物质产量。施用史丹利第四元素复合肥和丰收快车掺混肥时干物质积累高, 施史丹利第四元素复合肥的芝麻折合产量1 921.28 kg/hm<sup>2</sup>, 较不施肥处理增产719.48 kg/hm<sup>2</sup>, 增产率59.9%; 施丰收快车掺混肥料的折合产量1 893.14 kg/hm<sup>2</sup>, 较不施肥处理增产691.34 kg/hm<sup>2</sup>, 增产率57.5%。2种肥料均适宜山西芝麻栽培中施用。

**关键词:** 芝麻; 肥料; 干物质; 产量

**中图分类号:** S565.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2019)05-0035-05

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2019.05.009

### Effects of Four Fertilizers on Dry Matter and Yield of Sesame

WANG Ruopeng, REN Guoxiang, HAN Junmei, WEN Fei, LÜ Wei, LIU Wenping  
(Institute of Economic Crops, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan Shanxi 030000, China)

**Abstract:** The effects of four kinds of fertilizers commonly used in sesame production on dry matter and yield of sesame were studied. The results showed that the dry matter yield of sesame could be significantly increased by the tested fertilizers. Dry matter accumulation was high when applying Stanley Fourth Element Compound Fertilizer and High Yield Express Mixed Fertilizer. The yield of Stanley Fourth Element Compound Fertilizer was 1 921.28 kg/hm<sup>2</sup>, 719.48 kg/hm<sup>2</sup> and 59.9% higher than that of non-fertilization treatment. The yield of High Yield Express Mixed Fertilizer was 1 893.14 kg/hm<sup>2</sup>, 691.34 kg/hm<sup>2</sup> and 57.5% higher than that of non-fertilization treatment. Both fertilizers were suitable for sesame cultivation in Shanxi Province.

**Key words:** Sesame; Fertilizer; Dry matter; Yield

芝麻隶属于胡麻科, 一年生草本植物, 在我国有着悠久的种植历史, 多数省份皆有

收稿日期: 2019-02-19

基金项目: 国家特色油料产业技术体系(CARS-14-2-04); 山西省科技攻关项目(201703D221007-1); 山西省农业科学院农业科技创新研究课题(YCX2018419); 山西省农业科学院育种工程(17yzgc050)。

作者简介: 王若鹏(1985—), 男, 山西平遥人, 助理研究员, 主要从事芝麻栽培与育种工作。联系电话: (0)15333585933。Email: 258259232@qq.com。

通信作者: 刘文萍(1967—), 女, 山西文水人, 研究员, 主要从事芝麻育种与栽培研究工作。联系电话: (0)13593405471。Email: wenggeping@163.com。

[D]. 北京: 北京林业大学, 2006.

[8] 金梁. 对石膏改良碱化土壤过程中发生的化学过程和物理过程的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2003.

[9] 李旺. 液体改良剂(康地宝、盐碱丰)对碱土改良效果的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2004.

[10] 吕二福良. 不同碱化度土壤在煤烟脱硫废渣

改良过程中的物理化学变化及改良效果的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2004.

[11] 赵锦慧, 乌力更, 李杨, 等. 石膏改良碱化土壤过程中最佳灌水量的确定——选定20 cm为计划改良层[J]. 水土保持学报, 2003, 17(5): 106-109.

(本文责编: 郑立龙)