

# 磷石膏对盐碱地改良效果及对玉米的影响

郭天云<sup>1</sup>, 郭天海<sup>2</sup>, 何增国<sup>3</sup>

(1. 甘肃省农业科学院张掖试验场, 甘肃 张掖 734000; 2. 甘肃省农业科学院黄羊试验场, 甘肃 武威 733006; 3. 古浪县农业技术推广中心, 甘肃 古浪 733100)

**摘要:** 通过大田试验, 研究了磷石膏改良盐碱地效果及对玉米农艺性状、产量的影响。结果表明, 玉米产量以施入磷石膏 3 000 kg/hm<sup>2</sup> 处理最高, 为 10 881.63 kg/hm<sup>2</sup>, 较不施磷石膏处理增产 4.96%, 但处理间产量差异不显著。施入磷石膏后改善土壤质量的效果显著, 可显著增加土壤有机质 0.1~7.4 g/kg、速效氮 5~26 mg/kg、有效磷 1~2 mg/kg、速效钾含量 8~32 mg/kg。可显著降低耕层 pH 0.04~0.46。脱盐效果明显, 施入磷石膏 3000~4500 kg/hm<sup>2</sup> 的处理, 水溶性盐的含量降低到了 1 g/kg 以下。通过土壤脱盐, 释放出了土壤中被固定的各种养分, 提高了土壤中有机质、速效氮、有效磷、速效钾的含量, 达到改良风沙土盐碱地的目的。

**关键词:** 磷石膏; 改良; 盐碱地; 玉米; 产量

**中图分类号:** S513 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2019)07-0048-05

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2019.07.011](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2019.07.011)

## Influence on Phosphogypsum on Saline-alkali Improvement Effect and Corn Agronomic Traits and Yield

GUO Tianyun<sup>1</sup>, GUO Tianhai<sup>2</sup>, HE Zenguo<sup>3</sup>

(1. Zhangye Proving Ground, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Ganzhou Gansu, 734000, China; 2. Huangyang Proving Ground, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Liangzhou Gansu, 733006, China; 3. Gulang Agricultural Technology Extension Center, Gulang Gansu 733100, China)

**Abstract:** Through field experiment, the effect of phosphogypsum on improving saline-alkali soil and its effect on agronomic characters and yield of corn were studied. The results showed that the yield of corn was the highest with 3 000 kg/hm<sup>2</sup> of phosphogypsum, which was 10 081.63 kg/hm<sup>2</sup>, 4.96% higher than that without phosphogypsum, but there was no significant difference between treatments. The application of phosphogypsum can significantly improve soil quality. It can significantly increase soil organic matter 0.1 ~ 7.4 g/kg, available nitrogen 5 ~ 26 mg/kg, available phosphorus 1 ~ 2 mg/kg and available potassium 8 ~ 32 mg/kg. It can significantly reduce the pH value of plough layer from 0.04 to 0.46. The effect of desalination is obvious. The content of water-soluble salt is reduced to less than 1 g/kg by applying phosphogypsum 3 000 ~ 4 500 kg/hm<sup>2</sup>. Through soil desalination, the fixed nutrients in the soil are released, and the contents of organic matter, available nitrogen, available phosphorus and available potassium in the soil are increased, so as to improve the saline-alkali land of aeolian sandy soil.

**Key words:** Phosphorus gypsum; Improved; Saline-alkali land; Corn; Yield

甘肃省受盐渍化影响的土壤已接近 3 万 km<sup>2</sup>, 特别是河西及沿黄灌区, 由于受不合理灌溉所致, 土壤盐渍化面积逐年增加, 是

甘肃省盐碱地主要分布区域。土壤次生盐渍化已造成该区域土地生产能力减退, 盐碱地区粮食产量大幅度降低, 不足当地产量的

收稿日期: 2019-03-27

**作者简介:** 郭天云(1978—), 男, 甘肃古浪人, 助理农艺师, 主要从事农业技术与推广工作。联系电话: (0)13993661703。

**通信作者:** 何增国(1984—), 男, 甘肃古浪人, 农艺师, 主要从事农业技术与推广工作。联系电话: (0)18993586980。

60%，因土地盐渍化损失的粮食每年超过 1 亿 kg<sup>[1]</sup>。古浪县处于河西走廊东端，耕地多处腾格里沙漠南缘，属风沙土，盐碱含量较高，影响了作物的正常生长。磷石膏(简称为 PG)是生产磷肥、磷酸时排放出的固体废弃物，生产 1 t 磷酸约能产生 4.5 ~ 5.0 t 磷石膏<sup>[2-3]</sup>。据统计，全世界目前年副产磷石膏 100 亿 ~ 280 亿 t，其中约 14% 排入河流及大海，56% 被堆放，只有 30% 被用来再生利用<sup>[3-6]</sup>。磷石膏中含作物所需的磷、钙、硅及多种微量元素，并具有酸性较强的特点，其农用价值越来越受到人们关注<sup>[7-10]</sup>。盐碱地施用磷石膏后，可促进土壤耕层脱盐，降低土壤碱化度，改变盐碱土化学性质，达到改造盐碱地、提高土壤生产能力的目的<sup>[11-12]</sup>。

磷石膏对土壤盐碱地改良和对农作物产量影响方面的研究较多。车顺升等<sup>[12]</sup>通过研究磷石膏改良盐碱地土壤化学性质的效果，表明磷石膏能改变盐碱地土壤化学性质，降低耕层，脱盐率提高，土壤碱化率下降，增加土壤通透性，对土壤剖面的盐分布也有明显降低作用，对地表潜水影响不大。白来汉等<sup>[2]</sup>研究了不同磷石膏添加量与接种菌根对玉米生长及磷、砷、硫吸收的影响，结果表明随磷石膏添加量的提高，土壤有效磷、有效硫含量及玉米植株的生物量均呈增加趋势。李旭霖等<sup>[13]</sup>研究了不同改良剂对滨海盐碱地的改良效果，结果表明所有改良剂均能显著降低盐碱地土壤容重，增强土壤通透性，尤其是磷石膏和禾康效果更显著。对磷石膏改良盐碱地对玉米产量影响研究表明，施用磷石膏能提高玉米产量，具有一定的增产效果<sup>[14-16]</sup>。我们通过对沙化盐碱地施入不同量的磷石膏，研究了含盐量高的地块采取施用磷石膏改良耕地质量的效果，分析了玉米的农艺性状、产量和土壤土壤有机质含量、土壤速效氮含量、土壤有效磷含量、土壤速效钾含量、土壤 pH 变化、土壤水溶性盐含量，探讨了磷石膏改良土壤

效果和玉米增产效果，现报道如下。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地概况

试验在甘肃省古浪县水川灌溉区西靖镇古山村进行。海拔 1 869 m，属温带干旱气候，年平均温度 5 ℃，降水量 200 mm 左右，无霜期 150 d，土壤为风沙土。试验地前茬作物为玉米，耕层土壤含有机质 20.6 g/kg、速效氮 34 mg/kg、速效磷 8 mg/kg、速效钾 197 mg/kg，pH 8.22，水溶性盐为 1.44 mg/kg。

### 1.2 供试材料

供试磷石膏为金川集团有限公司提供的矿渣，指示玉米品种选用当地主栽品种先玉 335。

### 1.3 试验设计

试验采用单因素随机区组设计，共设 5 个处理，3 次重复，小区面积 12.25 m<sup>2</sup>。处理 1 施入磷石膏 1 500 kg/hm<sup>2</sup>，处理 2 施入磷石膏 3 000 kg/hm<sup>2</sup>，处理 3 施入磷石膏 4 500 kg/hm<sup>2</sup>，处理 4 施入磷石膏 6 000 kg/hm<sup>2</sup>，处理 5 为不施磷石膏(CK)。试验采用全膜平铺穴播方式，地膜幅宽 1.2 m，厚 0.01 mm。每幅膜种 3 行，行距 0.4 m，等行距种植，4 月 23 日播种。小区之间不设走道，区组间走道为 0.8 m。覆膜前一次性施入磷石膏，将尿素 300 kg/hm<sup>2</sup>、普通过磷酸钙 750 kg/hm<sup>2</sup>、硫酸钾 225 kg/hm<sup>2</sup>、硫酸锌 30 kg/hm<sup>2</sup>，整地时作基肥一次性施入，其他管理同常规。

### 1.4 调查统计

收获后测定各小区土壤耕层(0 ~ 30 cm)有机质、土壤速效氮、土壤有效磷、土壤速效钾、土壤 pH、土壤水溶性盐等含量，取平均值。收获期每小区取中间 2 行，收获面积 4.8 m<sup>2</sup>。10 月 3 日收获，从中随机选取 20 个穗统计株高、穗位高、穗长、穗行数、穗粒数、穗重、千粒重。收获后各小区单收计产。

### 1.5 数据分析

利用 SPSS 11.5 统计软件进行数据分析，

最小显著差法(LSD)进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对农艺性状的影响

从表 1 看出,株高各处理均低于对照,处理 4 最低,为 260.5 cm,比对照低 13.2 cm。穗位高各处理均低于对照,处理 4 最低,为 106.8 cm,比对照低 6.3 cm。穗长处理 1、处理 2 均比对照长,其中处理 1 最长,为 15.8 cm,比对照长 0.6 cm;处理 4 最短,为 14.9 cm,比对照短 0.3 cm。穗行数各处理均低于对照,处理 4 最少,为 16.1 行,比对照减少 0.5 行。行粒数处理 1、处理 3 均比对照多,其中处理 1 最多,为 27.1 粒,比对照增加 1.8 粒;处理 4 最少,为 25.2 粒,比对照减少 0.1 粒。穗粒数处理 1、处理 3 均比对照多,其中处理 1 最多,为 442.4 粒,比对照增加 22.6 粒;处理 4 最少,为 406.2 粒,比对照减少 13.6 粒。千粒重以处理 4 最重,为 290.8 g,比对照增加 12.8 g;处理 1 最轻,为 275.0 g,比对照轻 3.0 g。穗重各处理均高于对照,其中处理 2 最重,为 120.4 g,比对照增加 5.6 g;处理 4 最轻,为 114.9 g,比对照重 0.1 g。

### 2.2 不同处理对玉米产量的影响

从表 2 可看出,各处理玉米折合产量均高于对照,以处理 2 最高,为 10 881.63 kg/hm<sup>2</sup>,较对照增产 4.96%;处理 1 次之,为

10 702.04 kg/hm<sup>2</sup>,较对照增产 3.23%;处理 3、处理 4 分别为 10 514.29、10 375.51 kg/hm<sup>2</sup>,分别较对照增产 1.42%、0.08%。对产量进行显著性分析的结果表明,处理间差异不显著。说明盐碱地施入磷石膏可增加玉米产量,但并不是施入的磷石膏越多产量越高。

### 2.3 不同处理度对土壤有机质含量的影响

从表 3 可看出,各处理的土壤有机质含量均高于对照,其中以处理 1 最高,为 28.0 g/kg,较对照增加 7.4 g/kg,增加 35.9%;处理 4 次之,为 22.8 g/kg,较对照增加 2.2 g/kg,增加 10.7%;处理 2、处理 3 较低,分别为 21.8、20.7 g/kg,较对照分别增加 1.2、0.1 g/kg,分别增加 5.8%、0.5%。对有机质含量进行分析的结果表明,除处理 3 与对照差异不显著外,其他处理间差异显著。说明盐碱地施入磷石膏对提高有机质含量作用显著。

表 3 不同处理的土壤有机质含量

处理	有机质 /(g/kg)	较对照增加 /(g/kg)	增幅 /%	位次
1	28.0 a	7.4	35.9	1
2	21.8 c	1.2	5.8	3
3	20.7 d	0.1	0.5	4
4	22.8 b	2.2	10.7	2
CK	20.6 d			5

### 2.4 不同处理度对土壤速效氮含量的影响

从表 4 可看出,各处理的土壤速效氮含量均高于对照,其中以处理 4 最高,为 60.0

表 1 不同处理的玉米农艺性状及产量构成因素

处理	株高 /cm	穗位高 /cm	穗长 /cm	穗行数 /行	行粒数 /粒	穗粒数 /粒	千粒重 /g	穗重 /g
1	264.2	107.3	15.8	16.3	27.1	442.4	275.0	118.5
2	272.7	109.8	15.4	16.4	25.3	415.3	284.4	120.4
3	272.8	108.5	15.2	16.5	25.9	426.8	373.1	115.1
4	260.5	106.8	14.9	16.1	25.2	406.2	290.8	114.9
CK	273.7	113.1	15.2	16.6	25.3	419.8	278.0	114.8

表 2 不同处理的玉米产量

处理	小区平均产量 /(kg/12.25 m <sup>2</sup> )	折合产量 /(kg/hm <sup>2</sup> )	较对照增产 /(kg/hm <sup>2</sup> )	增产率 /%	位次
1	13.11	10 702.04 a	334.69	3.23	2
2	13.33	10 881.63 a	514.28	4.96	1
3	12.88	10 514.29 a	146.94	1.42	3
4	12.71	10 375.51 a	8.16	0.08	4
CK	12.70	10 367.35 a			5

mg/kg, 较对照增加 26 mg/kg 增幅为 76.5%; 处理 3 次之, 为 56 mg/kg, 较对照增加 22 mg/kg, 增幅为 64.7%; 处理 1、处理 2 较少, 分别为 39、52 mg/kg, 较对照分别增加 5、18 mg/kg, 增幅分别为 14.7%、52.9%。对土壤速效氮含量进行分析的结果表明, 处理间差异显著。

表 4 不同处理的土壤速效氮含量

处理	速效氮 /(mg/kg)	较对照增加 /(mg/kg)	增幅 /%	位次
1	39 d	5	14.7	4
2	52 c	18	52.9	3
3	56 b	22	64.7	2
4	60 a	26	76.5	1
CK	34 e			5

#### 2.5 不同处理度对土壤有效磷含量的影响

从表 5 可看出, 处理 1、处理 2 土壤有效磷含量均与对照相同, 为 7 mg/kg; 处理 4 最高, 为 9 mg/kg, 较对照增加 2 mg/kg, 增幅为 28.6%; 处理 3 次之, 为 8 mg/kg, 较对照增加 1 mg/kg, 增幅为 14.3%。对土壤有效磷含量进行分析的结果表明, 除处理 1 和处理 2 与对照差异不显著外, 其余处理与对照差异显著。

表 5 不同处理的土壤有效磷含量

处理	有效磷 /(mg/kg)	较对照增加 /(mg/kg)	增加率 /%	位次
1	7 c	0	0	3
2	7 c	0	0	3
3	8 b	1	14.3	3
4	9 a	2	28.6	1
CK	7 c			2

#### 2.6 不同处理度对土壤速效钾含量的影响

从表 6 可看出, 各处理的土壤速效钾含量均高于对照, 其中以处理 1 最高, 为 229 mg/kg, 较对照增加 32 mg/kg, 增幅为 16.2%; 处理 3、处理 4 次之, 均为 213 mg/kg, 较对照均增加 16 mg/kg, 增幅为 8.1%; 处理 2 最低, 为 205 mg/kg, 较对照增加 8 mg/kg, 增幅为 4.1%。对土壤速效钾含量进行分析的结果表明, 处理 3 和处理 4

表 6 不同处理的土壤速效钾含量

处理	有效钾 /(mg/kg)	较对照增加 /(mg/kg)	增幅 /%	位次
1	229 a	32	16.2	1
2	205 d	8	4.1	3
3	213 b	16	8.1	2
4	213 b	16	8.1	2
CK	197 e			4

差异不显著, 各处理均与对照差异显著。

#### 2.7 不同处理度对土壤 pH 的影响

从表 7 可看出, 各处理的土壤 pH 均低于对照, 以处理 4 最低, 为 7.76, 较对照降低 0.46, 降幅为 5.6%; 处理 3 次之, 为 7.87, 较对照降低 0.35, 降幅为 4.3%; 处理 1、处理 2 较高, 分别为 8.18、7.90, 较对照分别降低 0.04、0.32, 降幅分别为 0.5%、3.9%。对土壤 pH 进行分析的结果表明, 处理间差异不显著。

表 7 不同处理的土壤 pH 值

处理	pH	较对照 降低	降幅 /%	位次
1	8.18 a	0.04	0.5	4
2	7.90 a	0.32	3.9	3
3	7.87 a	0.35	4.3	2
4	7.76 a	0.46	5.6	1
CK	8.22 a			5

#### 2.8 不同处理度对土壤水溶性盐含量的影响

从表 8 可看出, 各处理的土壤水溶性盐含量均低于对照, 其中以处理 3 最低, 为 0.82 g/kg, 较对照降低 0.62 g/kg, 降幅 43.1%; 处理 2 次之, 为 0.92 g/kg, 较对照降低 0.52 g/kg, 降幅 36.1%; 处理 1、处理 4 较高, 分别为 1.18、1.01 g/kg, 较对照分别降低 0.26、0.43 g/kg。对土壤水溶性盐含量

表 8 不同处理的土壤水溶性盐含量

处理	水溶性盐 /(g/kg)	较对照降低 /(mg/kg)	降幅 /%	位次
1	1.18 a	0.26	18.1	4
2	0.92 a	0.52	36.1	2
3	0.82 a	0.62	43.1	1
4	1.01 a	0.43	29.9	3
CK	1.44 a			5

进行分析的结果表明, 处理间差异不显著。

### 3 结论与讨论

试验结果表明, 盐碱地施入磷石膏可使玉米产量增加, 玉米产量以施入 3 000 kg/hm<sup>2</sup>时最高, 为 10 881.63 kg/hm<sup>2</sup>, 较不施磷石膏处理增产 4.96%, 但对产量影响不显著。本试验条件下, 盐碱地施用磷石膏后, 可增加土壤有机质含量 0.1 ~ 7.4 g/kg, 增加土壤速效氮含量 5 ~ 26 mg/kg, 增加土壤有效磷含量 1 ~ 2 mg/kg, 增加土壤速效钾含量 8 ~ 32 mg/kg, 降低耕层 pH 0.04 ~ 0.46。盐碱地施入一定量的磷石膏可降低土壤碱化度, 提高土壤养分含量, 改善土壤质量, 提高耕层土壤通透性, 促进脱盐。

在一定施量范围内使用磷石膏土壤脱盐效果明显, 土壤水溶性盐含量降低 0.62 ~ 0.26 g/kg, 施入 3 000 ~ 4 500 kg/hm<sup>2</sup>的处理水溶性盐含量降低到 1 g/kg 以下, 释放出了土壤中被固定的各种养分, 提高了土壤中有机质、速效氮、有效磷、速效钾的含量, 达到改良盐碱地的目的。

施入磷石膏量 3 000 kg/hm<sup>2</sup>对提高玉米产量效果最佳, 但不显著, 可能是由于地力条件等因素造成的, 磷石膏的最佳用量需进一步试验。

#### 参考文献:

- [1] 郭世乾, 崔增团, 傅亲民. 甘肃省盐碱地现状及治理思路与建议[J]. 中国农业资源与区划, 2013, 34(4): 75-79.
- [2] 白来汉, 张仕颖, 张乃明, 等. 不同磷石膏添加量与接种菌根对玉米生长及磷、砷、硫吸收的影响[J]. 环境科学学报, 2011, 31(11): 2485-2492.
- [3] 王晓岑, 李淑芹, 许景钢. 农业应用磷石膏前景展望[J]. 中国农学通报, 2010, 26(4): 287-294.
- [4] RAFAEL PEREZ-LOPEZ, ANTONIO M. AL-VALERO, JOSE MIGUEL NIETO. Changes in mobility of toxic elements during the production of phosphoric acid in the fertilizer industry of Huelva (SW Spain) and environmental impact of Phosphogypsum wastes[J]. Journal of Hazardous Materials, 2007, 148: 745-750.
- [5] YANG J, LIU W, ZHANG L, et al. Preparation of load-bearing building materials from autoclaved Phosphogypsum[J]. Construction and Building Materials, 2009, 23: 687-693.
- [6] PARREIRA A B, KOBAYASHI JR, SILVESTRE O B. Influence of Portland cement type on unconfined compressive strength and linear expansion of cements tabilized Phosphogypsum[J]. Journal of Environmental Engineering, 2003, 129: 956-960.
- [7] 张金瑞, 李守明. 碱化土施用磷石膏增产效果的探讨[J]. 内蒙古农业科技, 1993(5): 1-2; 17.
- [8] 石伟勇, 范利平. 磷石膏系列肥对水稻的增产效应及养分吸收的影响[J]. 浙江农业大学学报, 1994, 20(3): 259-262.
- [9] 王洪达, 吴伟芬. 磷石膏对农作物的增产效果研究[J]. 安徽农业科学, 1990(4): 333-334.
- [10] 王荣华, 左宝余. 磷石膏农用效果试验技术总结[J]. 化肥工业, 1994, 21(3): 23-27, 51.
- [11] 王玉江, 吴涛, 吴杰. 磷石膏改良盐碱地的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(17): 7413-7414.
- [12] 车顺升, 罗三强. 磷石膏改良盐碱地土壤化学性质的效果[J]. 陕西农业科学, 2000, 24(9): 16-18.
- [13] 李旭霖, 刘庆花, 柳新伟, 等. 不同改良剂对滨海盐碱地的改良效果[J]. 水土保持通报, 2015, 35(2): 219-224
- [14] 周成志. 磷石膏改良盐碱地对玉米产量影响试验初报[J]. 农业开发与装备, 2016, 40(3): 62-63.
- [15] 王成宝, 崔云玲, 郭天文. 磷石膏在作物生产中的利用[J]. 甘肃农业科技, 2008(5): 43-46.
- [16] 姜万礼, 王成宝, 霍琳, 等. 改良剂对甘肃引黄灌区新垦盐城荒地的改良效果研究[J]. 甘肃农业科技, 2012(12): 17-18.

(本文责编: 杨杰)