

碱化盐土掺砂对土壤理化性状和玉米产量影响的研究

蔺亚莉¹, 李跃进^{1*}, 陈玉海², 范浩¹, 王永宁¹, 王建杰¹

(1. 内蒙古农业大学生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010018;

2. 内蒙古农业大学科技园区, 内蒙古 呼和浩特 010107)

摘要:为解决内蒙古河套平原黏性碱化盐土土壤黏重, 作物难以正常生长、产量低下等问题, 对河套平原黏性碱化盐土进行了土壤耕层(0~20 cm)掺砂的土壤改良试验, 研究掺砂对土壤理化性状和玉米产量的影响。结果表明: 试验区土壤掺砂可以降低土壤容重, 改变土壤机械组成和土壤质地, 提高了黏性碱化盐土的通气孔隙度, 改善土壤的通气透水性, 降低土壤全盐量和碱化度, 有效改善玉米生长环境, 提高了玉米的产量。掺砂20%处理的土壤容重从1.64 g/cm³ (CK)降低到1.49 g/cm³, 土壤通气孔隙度从8.57%提高到18.17%, 达到正常范围, 使土壤砂粒、粉粒、粘粒含量比例趋向适中, 土壤质地由壤质黏土转变为黏壤土, 土壤全盐量下降了13%, 碱化度降低了21%, 玉米产量提高了301%。综合分析, 掺砂20%处理对当地碱化盐土改良效果较为适宜。

关键词: 碱化盐土; 掺砂; 土壤理化性状; 玉米产量

中图分类号: S156.4; S513

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257(2016)01-0119-05

近年来, 内蒙古河套地区盐碱土改良主要采取灌溉洗盐和施用脱硫石膏的方法, 对降低土壤盐分和碱化指标表现出良好效果^[1-2]。但是作物生长状况不佳, 产量仍然较低, 尤其是黏性土壤质地表现更为突出。国内外一些学者针对黏性土壤掺砂和覆砂开展过一些研究^[3-6], 努果^[7]、王丽贤等^[8]研究发现, 对盐碱地覆沙、掺砂, 能够促进团粒结构形成, 使土壤孔隙度增大, 通透性增强, 并且能使碱土水盐运动规律发生改变。李取生等^[9]、周道玮等^[10]对东北松嫩平原的苏打碱土进行客砂改土研究发现: 当盐碱土中混入沙丘风沙土时, 不同处理土壤中的电导率、总碱度、pH值下降比较明显。但是针对半干旱河套地区掺砂改良盐碱土研究较少, 尤其是碱化盐土掺砂对玉米生长的研究鲜为报道。内蒙古河套地区分布着大面积的盐碱土, 实施水利措施改良盐碱土受到水资源短缺的制约。如何在充分利用降水和少量灌溉的基础上, 探索简单易行、节本增效的方法是改良盐碱地主要方向之一。鉴于前人的研究成果及对当地土壤调查结果, 对黏性碱化盐土不同掺砂比例对耕层土壤孔隙状况、容

重、机械组成、盐碱性状的影响及其变化规律的研究还缺少科学的田间试验结果和系统的理论分析, 为此, 本试验研究通过在内蒙古河套平原黏性碱化盐土上设置掺砂田间试验, 探索对土壤主要理化性状改善效果和玉米产量的影响, 为河套地区盐碱土改良探索出一条适应大面积推广的简单实用技术。

1 研究区概况

1.1 研究区概况

试验区位于内蒙古河套平原土默特左旗内蒙古农业大学海流园区, 地理位置: 北纬40°38', 东经111°28', 试验区属中温带大陆性气候, 年平均气温5.8℃, 极端最高气温39.3℃, 极端最低气温-37.4℃, ≥10℃年积温1700~3200℃, 无霜期90~132 d; 年平均降水量417.5 mm, 年平均蒸发量为1800~2000 mm, 蒸降比为4.3:1。

1.2 供试土壤理化性状

试验区土壤的基本理化性质如下: pH值为8.43, 全盐量为12.35 g/kg, 碱化度为28.24%, 砂粒含量(2~0.02 mm)30.08%, 粉粒含量(0.02~0.002 mm)42.96%, 黏粒含量(<0.002 mm)26.96%, 土壤质地为壤质黏土, 土壤类型为硫酸盐碱化盐土。

试验用沙子的基本理化性质如下: pH值为7.23, 全盐量为1.90 g/kg, 碱化度为0.00%, 砂粒

收稿日期: 2014-11-21; 最后修订日期: 2015-02-02

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2013BAC02B06)。

作者简介: 蔺亚莉(1989-), 女, 陕西省榆林市人, 硕士研究生, 研究方向为土壤资源利用与改良。E-mail: linyali0429@126.com。

通讯作者: 李跃进, E-mail: liyuejin2005@126.com。

含量 (2 ~ 0.02 mm) 为 91.53%，粉粒含量 (0.02 ~ 0.002 mm) 为 2.00%，黏粒含量 (< 0.002 mm) 为 6.47%。

2 试验设计与方法

2.1 试验设计

分别设掺砂比例 (重量比): 0% (对照 CK), 5%, 10%, 15%, 20%, 25% 共 6 个处理, 在土壤 0 ~ 20 cm 处进行掺砂充分混合, 每个处理设置 3 次重复, 采用随机区组设计, 每个小区面积为 2 m × 2 m, 共计 18 个小区。采集不同掺砂处理 3 次重复的土壤样品进行室内测定。

2.2 测定方法

土壤容重—环刀法测定; 土壤比重—比重瓶法测定; 土壤机械组成—比重计法测定; 土壤总孔隙度—(1 - 土壤容重/土壤比重) × 100%; 土壤毛管孔隙度—环刀法测定; 土壤通气孔隙度—总孔隙度 - 毛管孔隙度; 土壤全盐量—八大离子相加法测定; 土壤碱化度—交换性钠/阳离子交换量 × 100%^[11]。

2.3 田间管理

在播种前施用底肥, 磷酸二铵 354 kg/hm², 大颗粒氮肥 400.5 kg/hm²; 2014 年 4 月 27 日播种; 7 月 12 日进行追肥, 施用尿素 225 kg/hm²; 在苗期 (5 月 19 日) 和大喇叭口期 (7 月 18 日) 对试验田进行灌溉, 灌溉量均为 250 m³/hm²。供试玉米品种为良玉 58, 9 月 22 日收获。

3 结果与分析

3.1 不同掺砂比例对土壤容重的影响

土壤容重是反映土壤紧密程度的一个重要指标, 直接影响着土壤的孔隙状况、土壤质地、结构等土壤物理特性。土壤进行掺砂处理对土壤容重具有一定影响, 并且不同掺砂处理对土壤表层 (0 ~ 10 cm) 的影响大于 10 ~ 20 cm 土层。不同掺砂比例下的土壤容重测定结果如表 1 所示, 从表 1 可以看出, 不同掺砂处理对耕层 (0 ~ 20 cm) 土壤容重的影响不同, 经掺砂改良后土壤容重从 1.64 g/cm³ 下降到 1.46 g/cm³。总的来说, 土壤容重具有随着掺砂比例的增加而逐渐降低的趋势。掺砂 10%、15%、20%、25% 处理的土壤容重与对照均存在显著差异, 掺砂 20% 与对照、掺砂 5%、掺砂 10%、掺砂 15% 间存在显著差异, 掺砂 25% 与其它掺砂处理间均存在显著差异; 当掺砂量达到 20% 时, 土

壤容重变化最为显著, 从 1.64 g/cm³ 降低到 1.49 g/cm³, 说明掺砂 20% ~ 25% 处理对改良试验区土壤容重效果最佳。

表 1 不同掺砂比例对土壤的容重和孔隙的影响

掺砂处理	土壤比重 (g/cm ³)	土壤容重 (g/cm ³)	土壤孔隙度 (%)		
			毛管孔隙度	通气孔隙度	总孔隙度
CK	2.63bAB	1.64aA	29.13aA	8.57fF	37.70fF
5%	2.63bAB	1.62aAB	27.78bB	10.36eE	38.14eE
10%	2.64aA	1.60bBC	26.76cC	12.82dD	39.58dD
15%	2.64aA	1.58bC	25.58dD	13.33cC	39.91cC
20%	2.61dC	1.49cD	24.64eE	18.17bB	42.81bB
25%	2.62cBC	1.46dE	23.46fF	19.91aA	44.37aA

注: 不同小写字母表示处理间差异显著 (P < 0.05), 不同大写字母表示处理间差异极显著 (P < 0.01), 下同。

3.2 不同掺砂比例对土壤孔隙状况的影响

土壤孔隙度是反映土壤紧实状况的一个重要指标。土壤孔隙的组成对土壤通气透水性和根系穿插的难易程度影响较大。当土壤通气孔隙度 < 10%, 会影响作物根系呼吸, 造成作物生长不良。从表 1 中可以看出, 各掺砂处理的土壤总孔隙度和通气孔隙度整体变化趋势是随着掺砂量的增加而增大, 土壤毛管孔隙度随着掺砂量的增加而减小。土壤总孔隙度从 37.70% 增加到 44.37%, 土壤通气孔隙度从 8.57% 增加到 19.91%, 土壤毛管孔隙度从 29.13% 减小到 23.46%。方差分析结果显示, 不同掺砂处理的土壤各孔隙度均存在显著性差异。

从表 1 看出, 不同掺砂处理下的土壤总孔隙度和通气孔隙度得到明显改善。理论上土壤质地愈黏, 总孔隙度愈大, 但是土壤碱化加重, 土壤颗粒排列紧密, 土壤容重变大, 反而总孔隙度下降, 通气孔隙度中主要以非活性孔隙度为主, 对通气极为不利。通过掺砂可以改变土壤容重和总孔隙度, 尤其是提高了通气孔隙度, 使通气和渗透性能改善, 有利于玉米根系生长。

3.3 不同掺砂比例下土壤的机械组成变化

各处理耕层土壤的机械组成测定结果见图 1、表 2。结合图 1、表 2 可以看出, 掺砂处理对土壤的机械组成有很大的影响。2 ~ 0.02 mm 土粒含量随着掺砂比例增加而增加, 0.02 ~ 0.002 mm、< 0.002 mm 土粒含量随着掺砂比例增加而减少。掺砂后砂粒含量 (2 ~ 0.02 mm) 大幅度增加, 掺砂 5%、10%、15%、20%、25% 处理的砂粒含量分别达到

37.08%、43.56%、48.55%、50.55%、54.52%。粉粒含量(0.02~0.002 mm)、黏粒含量(<0.002 mm)明显减少。掺砂使土壤的颗粒组成发生明显变化。

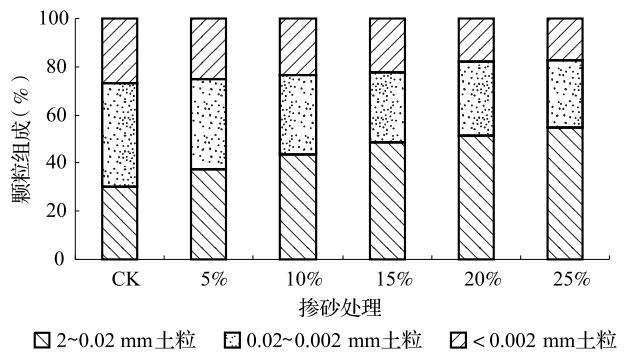


图1 不同掺砂处理耕层土壤颗粒组成

土壤质地是直接影响土壤持水、通气、透水、耕作等性能的主要因素。不同掺砂比例对黏性土壤耕层质地产生了显著影响。采用国际质地分类制，即砂粒含量(2~0.02 mm)、粉粒含量(0.02~0.002 mm)、黏粒含量(<0.002 mm)的百分比含量判断土壤质地名称。对照耕层土壤质地为壤质黏土，随着掺砂比例的增加，耕层土壤从壤质黏土

(CK, 5%, 10%) 向黏壤土(15%, 20%, 25%)转变。这就说明黏性碱化盐土颗粒组成中砂粒增加、黏粒降低改变土壤质地，从而改善通气、透水性、耕性，在一定程度上可以缓解黏重土壤对玉米生长的不良影响。

表2 不同掺砂处理耕层土壤的机械组成 (%)

掺砂处理	各级土粒重量			土壤质地
	砂粒 (2~0.02 mm)	粉粒(0.02~ 0.002 mm)	黏粒 (<0.002 mm)	
CK	30.08fF	42.96aA	26.96aA	壤质黏土
5%	37.08eE	36.97bB	24.95bB	壤质黏土
10%	43.56dD	32.98cC	23.46cC	壤质黏土
15%	48.55cC	28.98dE	22.47dD	黏壤土
20%	50.55bB	29.99eD	17.46eE	黏壤土
25%	54.52aA	28.00fF	17.48fF	黏壤土

3.4 不同掺砂比例对土壤盐碱性状的影响

土壤可溶性盐含量和碱化度是盐碱土改良的主要评价指标。在7月18日和9月22日分别对不同处理的可溶性盐分和碱化度进行了测定，结果如图2所示。

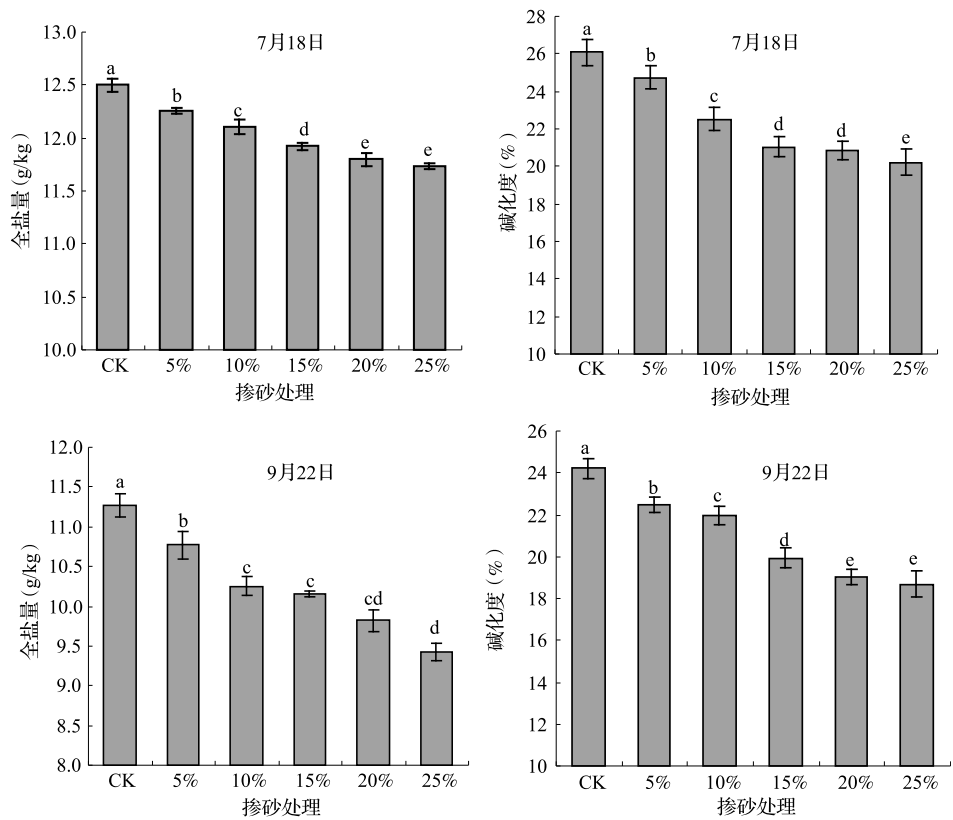


图2 不同掺砂处理对土壤全盐量和碱化度的影响

注：不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)，下同。

从图2可以看出,对土壤掺砂处理后,随着掺砂比例的增加,土壤的全盐量和碱化度都呈下降趋势。玉米生长中期(7月18日)的土壤全盐量从12.50 g/kg (CK)下降到11.73 g/kg (掺砂25%),下降了6%;土壤碱化度从26.08% (CK)下降到20.23% (掺砂25%),下降了22%。玉米成熟期(9月22日)的土壤全盐量从11.27 g/kg (CK)下降到9.42 g/kg (掺砂25%),下降了16%;土壤碱化度从24.21% (CK)下降到18.68% (掺砂25%),下降了23%。方差分析结果显示,不同掺砂处理的土壤全盐量和碱化度与对照之间均存在显著性差异。对比玉米生长中期和成熟期土壤盐碱性状可以看出:不同处理的土壤盐碱性状在玉米成熟期表现出更为明显的改良效果,掺砂5%、10%、15%、20%、25%处理的土壤全盐量较中期分别下降12%、15%、15%、17%、20%,土壤碱化度较中期分别下降9%、3%、5%、9%、8%。

3.5 不同掺砂比例对玉米产量的影响

不同质地土壤的理化性质差别很大,土壤容重、颗粒组成和总孔隙度等土壤主要物理因素通过影响水、气、热、营养在土壤中的移动、含量和利用率而影响作物的生长发育^[11],进而影响作物产量。对黏重盐碱化土壤进行掺砂改土,最终目的是为了使作物能够在盐碱化土壤上良好生长,所以衡量改良效果的好坏,最直观地就是看改良措施是否有利于作物产量增加。图3为不同掺砂处理对玉米产量的影响。

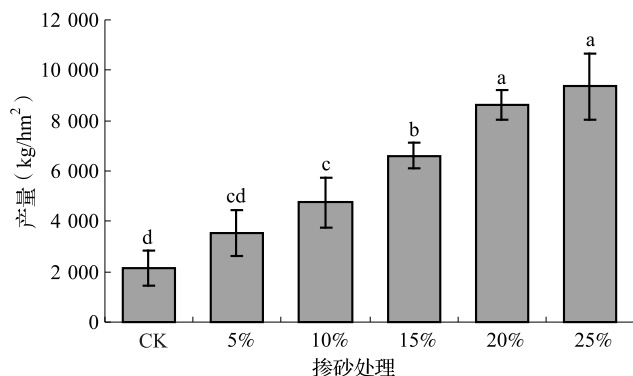


图3 不同掺砂处理对玉米产量的影响

从图3可以看出,各处理与对照相比较,玉米产量均增加,且随着掺砂比例的增加而增高。掺砂5%、10%、15%、20%、25%处理的玉米产量分别比对照提高64%、121%、207%、301%、335%,这说明对黏重碱化盐土进行掺砂后,玉米产量显著增加,且掺砂25%处理对玉米的增产效果

最为显著。方差分析显示,掺砂5%、10%、15%、20%、25%处理的玉米产量与对照之间均存在显著差异,但是掺砂25%与掺砂20%间差异未达到显著水平。

4 讨论与结论

试验区土壤质地为壤质黏土,土壤非常黏重,土壤碱化度和含盐量都比较高。研究结果表明,适当进行土壤掺砂,对逐步改变土壤的机械组成和土壤质地,改善土壤通气孔隙度,提高作物产量是非常有必要的。经掺砂处理后,不同处理与对照相比,土壤的颗粒组成发生显著变化,且耕层土壤的砂粒含量随着掺砂比例的增加而增大,粉粒和黏粒均随着掺砂比例的增加而降低,这与其他学者研究结果一致^[12-19]。碱化盐土掺砂后,由于稀释作用,使玉米生长中期土壤全盐量和碱化度有所下降,有利于玉米生长;大量掺砂土壤通气孔隙度增多,抑制土壤水盐运动,使玉米成熟期土壤全盐量和碱化度同样下降。试验结果显示,掺砂有明显的脱盐和压碱的作用。

盐碱化土壤存在的最大问题就是通气透水性不佳,通过对土壤物理掺砂,改变了土壤颗粒组成和土壤孔隙度,提高了土壤的通气透水性,降低了土壤的全盐量和碱化度,改善了玉米生长的土壤环境,使玉米的出苗率和保苗率大大提高,从而达到增产的效果。这与柯油松等^[15]、王娜等^[16]、李集勤等^[20]对黏重土壤掺砂影响烟草产量的研究结果一致。但是他们最终确定的最适掺砂比例却与本试验有很大差异,这与试验地土壤及种植作物类型有很大关系。

通过本试验研究分析,可以得出以下结论:

(1) 土壤容重随着掺砂比例的增加而逐渐降低,当掺砂处理达到20%时,土壤容重从1.64 g/cm³ (CK)减小到1.49 g/cm³;不同掺砂处理对土壤的各孔隙度有显著性差异,掺砂20%处理对通气孔隙度的影响最显著,通气孔隙度从8.57%增加到18.17%,改善土壤的通气透水性,有助于玉米生长发育。

(2) 掺砂量为25%时,土壤的砂粒含量(2~0.02 mm)增加到54.52%,比对照增加了81%,黏粒含量(<0.002 mm)比对照降低了35%;当掺砂量为15%时,耕层土壤从壤质黏土向黏壤土转变,掺砂20%和25%处理的土壤质地也成黏壤土。

(3) 随着掺砂比例增加,不同处理的土壤全盐量和碱化度逐渐减小,且随着时间推移,改良效果

更加明显。掺砂 20% 处理对降低土壤全盐量有明显作用；掺砂 25% 处理使土壤碱化度下降了 23%。

(4) 对土壤进行掺砂后，玉米产量显著增加。掺砂 20% 和 25% 处理的玉米产量比对照分别提高 301% 和 335%，但是二者之间无显著差异。综合分析，掺砂 20% 处理对当地黏性碱化盐土的改良效果较为适宜。

参考文献：

- [1] 其力格尔, 李跃进, 崔智勇, 等. 脱硫石膏改良碱土 5 年后稳定性跟踪研究 [J]. 内蒙古农业科技, 2012, (3): 73-76.
- [2] 张海军, 李跃进, 陈昌和, 等. 脱硫石膏改良碱土特征值的变化研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21 (7): 165-168.
- [3] 黄昌勇. 土壤学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000. 89-97, 99-111.
- [4] 蒲红艳, 陈亚宁, 李卫红. 干旱荒漠区新垦绿洲土壤改良措施对盐分变化的影响研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21 (7): 160-164.
- [5] Alhajhoj A. Effect of addition of sand and soil amendments to loam and brick grit media on the growth of two turf grass species (*Lolium perenne* and *Festuca rubra*) [J]. Journal of Applied Sciences, 2009, 9 (13): 2485-2489.
- [6] 李文斌, 李新平, 李海洋, 等. 不同掺砂比例对烟区黏质土壤微生态特征的影响 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2012, 40 (11): 85-90.
- [7] 努果. 浅谈盐碱地的改良与利用 [J]. 青海草业, 2000, (2): 42.
- [8] 王丽贤, 张晓云, 吴森. 盐碱土改良措施综述 [J]. 安徽农学通报, 2012, 18 (17): 99-100.
- [9] 李取生, 李晓军, 刘长江, 等. 松嫩平原旱地碱化土壤改良与淋洗制度研究 [J]. 水土保持学报, 2003, (2): 145-148.
- [10] 周道玮, 田雨, 王敏玲, 等. 覆沙改良科尔沁沙地-松辽平原交错区盐碱地与造田技术研究 [J]. 自然资源学报, 2011, 26 (6): 910-917.
- [11] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析 [M]. 上海: 上海科学出版社, 1978.
- [12] 葛超, 景希强, 徐娥, 等. 不同深松时间与深度条件下土壤物理性状与玉米产量的相关分析 [J]. 中国土壤与肥料, 2013, (3): 15-18.
- [13] 柴苗苗, 韩霁昌, 罗林涛, 等. 砒砂岩与沙混合比例及作物种植季数对复配土壤性质和作物产量的影响 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2013, 41 (10): 179-184.
- [14] 李文斌. 掺砂和移栽处理对安康市烟区土壤生态特征的影响 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
- [15] 柯油松, 李淑玲, 吴文斌, 等. 掺砂对南雄牛肝土田的改良效果初报 [J]. 中国烟草科学, 2011, 32 (5): 39-41.
- [16] 王娜, 兰建强, 李晓宁, 等. 河沙改良土壤对烤烟生长及产量的影响 [J]. 中国农学通报, 2013, 29 (34): 144-148.
- [17] Niazi B H, Ahmed M, Hussain N, et al. Comparison of sand, gypsum and sulphuric acid to reclaim a dense saline sodic soil [J]. International Journal of Agriculture and Biology, 2001, 2: 34-37.
- [18] Mathur O P, Mathur S K. Effect of addition of sand and gypsum to fine-textured salt-affected soil on the yield of cotton and jowar (*sorghum*) under Rajasthan Canal Command Area condition [J]. Plant and Soil, 1983, 74: 61-65.
- [19] 潘晓东, 塔伊尔, 贾俊平, 等. 复垦盐渍化弃耕地客土改良初探 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38 (25): 13754-13755, 13779.
- [20] 李集勤, 陈俊标, 彭文松, 等. 植烟沙泥田土掺混紫色土对土壤酶活性及理化性质的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2014, (5): 16-22.

Effects adding sand on soil physical and chemical property and corn yield in alkalized solonchak soil

LIN Ya-li¹, LI Yue-jin^{1*}, CHEN Yu-hai², FAN Hao¹, WANG Yong-ning¹, WANG Jian-jie¹ (1. College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018; 2. Technology Park of Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010107)

Abstract: In order to solve the problems of being too viscous and with low yield in the viscous alkalize solonchak soil in Inner Mongolia Hetao Plain, a soil improvement experiment was conducted by mixing sand to soil plough layer (0~20 cm) in Hetao Plain viscous alkalize solonchak field, to study its effects on soil physical properties and corn yield. The results showed that mixing sand to soil plough layer in Hetao Plain viscous alkalize solonchak field reduced soil bulk density, changed the soil mechanical composition and soil texture, increased soil aeration porosity of viscous alkalize solonchak soil, improved soil aeration, water permeability, reduced the soil total salt and degree of alkalization, effectively improved growing environment of corn plants, increased the yield of corn. The soil bulk density with adding 20% sand decreased from 1.64 g/cm³ (CK) to 1.49 g/cm³, soil aeration porosity increased from 8.57% to 18.17%, which reached the normal range. Adding 20% sand made the ratio of soil sand, silt and clay content tend to moderate, soil texture turn from loamy clay to clay loam, soil total salt fall by 13%, degree of alkalization been reduced by 21%, the yield of corn been increased by 301%. Adding sand of 20% was appropriate proportion to improve viscous alkalize solonchaks soil on Hetao Plain.

Key words: alkalized solonchak soil; adding sand; soil physical and chemical property; corn yield