

王勤礼, 闫芳, 陈璐, 等. 菌糠-凹凸复合盐碱地调理剂对盐碱地改良效果及玉米产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(18): 222-226.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.18.032

菌糠-凹凸复合盐碱地调理剂对盐碱地改良效果及玉米产量的影响

王勤礼¹, 闫芳¹, 陈璐², 熊鹰^{1,3}, 张文斌⁴, 华军⁴

(1. 河西学院甘肃省食用菌菌糠资源化利用工程研究中心, 甘肃张掖 734000; 2. 河西学院农业与生态工程学院, 甘肃张掖 7340000;
3. 临泽县奋君矿业有限公司, 甘肃临泽 734207; 4. 张掖市经济作物技术推广站, 甘肃张掖 734000)

摘要:探究菌糠-凹凸盐碱地调理剂对盐碱地的改良效果以及对玉米产量的影响, 为菌糠-凹凸盐碱地调理剂推广和盐碱地治理提供依据。试验设菌糠-凹凸盐碱地调理剂(T1)、石膏(T2)、不施调理剂(CK)3个处理, 采用田间试验, 分析不同处理对土壤理化性质、玉米出苗率和产量的影响。结果表明, 所有处理对土壤 pH 值和容重影响差异不大; T1 可显著降低土壤电导率, 玉米收获时, T1 电导率较 CK 降低了 45.56%; 在玉米生育前期, T1 能降低土壤碱化度, 提高阳离子交换量; T1 土壤有机质含量最高, 收获时较 CK 增加 17.96 g/kg; T1 的玉米出苗率最高, 为 96.16%, 较 CK 的出苗率增加了 43.47 个百分点; T1 小区产量最高, 达 56.31 kg/48 m², 较 CK 增产 106.49%。本研究结果显示, 菌糠-凹凸盐碱地复合调理剂能显著降低土壤电导率, 增加土壤有机质含量, 在玉米生长前期可降低土壤碱化度(ESP), 提高阳离子交换量(CEC), 提高玉米出苗率和产量。

关键词:菌糠; 凹凸; 盐碱地; 土壤调理剂; 玉米

中图分类号:S156.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)18-0222-05

目前我国盐渍化面积大约为 $0.35 \times 10^9 \text{ hm}^2$ ^[1-2]。河西走廊地处我国西北内陆, 降水量少, 蒸发量大, 独特的气候条件造成土壤盐碱化及次生盐碱化十分严重, 现有盐碱地 179.8 万 hm² 左右^[3]。因此, 盐碱地改良已成为该区农业可持续发展和守牢耕地红线、实现粮藏于地战略的首要任务。

收稿日期: 2022-11-13

基金项目: 甘肃省教育厅产业支撑计划(编号: 2021CYZC-43); 2022 年临泽县揭榜挂帅制项目; 2022 年张掖市科技计划(编号: ZY2022KY02)。

作者简介: 王勤礼(1966—), 男, 甘肃永昌人, 硕士, 教授, 主要从事农业废弃物资源化利用研究。E-mail: wangqinli66@qq.com。

目前盐碱地改良方法有水利工程、化学调理、生物技术和农业方法^[4]。不同措施均有一定改良作用, 但其改良效果不同。利用盐碱地调理剂改良盐碱地是目前较为普遍的改良措施, 常用的调理剂有钙类物质、酸性物质和有机物料类^[5]。但不同调理剂对盐碱地改良效果差别较大。

菌糠富含有机质和多种矿质元素, 还有残余菌丝体。大量试验表明, 菌糠可降低盐碱地 pH 值和电导率, 改善盐碱地物理性质^[6-8]。凹凸棒石具有较好的吸附性、离子交换性、缓释性、抗盐性等特性, 研究表明, 凹凸棒石对盐碱地土壤改良具有重要作用^[9-11]。但有关菌糠和凹凸棒石 2 种材料复

[21] 陆晓辉, 董宇博, 涂成龙. 基于不同估算方法的贵州省土壤温度状况[J]. 土壤学报, 2016, 53(2): 401-410.

[22] 董宇博, 陆晓辉, 王济. 贵州省土壤温度状况估算[J]. 地球与环境, 2016, 44(2): 243-247.

[23] 章明奎, 毛霞丽, 邱志腾, 等. 中国土系志(贵州卷)[M]. 北京: 龙门书局, 2020: 57-95.

[24] 郑兴芬, 吕 镔, 陈梓炫, 等. 不同空间范围土壤色度的纬向变化特征及其气候意义[J]. 土壤学报, 2020, 57(5): 1186-1196.

[25] 余星兴, 袁大刚, 陈剑科, 等. 基于 Munsell 颜色的土壤游离铁预测研究[J]. 土壤学报, 2021, 58(5): 1322-1329.

[26] Sahwan W, Lucke B, Sprafke T, et al. Relationships between spectral features, iron oxides and colors of surface soils in northern

Jordan[J]. Journal of Soil Science, 2021, 72(1): 80-97.

[27] 张 蕾, 张凤荣, 靳东升, 等. 黄土高原淋溶土黏粒、氧化铁与颜色的关系及发生学解释——以山西土系调查的 31 个黏化层为例[J]. 土壤学报, 2021, 58(4): 876-886.

[28] 晏昭敏, 袁大刚, 余星兴, 等. 紫色土色度参数与铁锰形态及有机质的定量关系研究[J]. 土壤学报, 2021, 58(2): 372-380.

[29] 赵宇鸾, 魏小芳, 李秀彬. 岩溶区山-坝系统土地利用耦合演化研究的初步探讨[J]. 中国岩溶, 2020, 39(1): 48-53.

[30] 朱鹤健, 陈健飞, 陈松林, 等. 土壤地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010.

[31] 郭 梦, 吴克宁, 郝士横, 等. 新疆草甸土在中国土壤系统分类中的归属研究[J]. 中国土壤与肥料, 2022(2): 54-64.

合对盐碱土壤改良效果目前报道的较少。本研究基于 2 种材料的协同与功能互补作用,选用前期研究筛选的最佳配方,探索其对河西走廊盐碱地改良效果及对玉米生长和产量影响,以期对河西走廊盐碱地改良提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验设在临泽县板桥镇板桥村二社李义聪承包地内(111°E,40°N),该地海拔 1 450 m,年均降水量 97.4 mm,年均蒸发量 2 300 mm 左右,年均气温 8.6 ℃,全年无霜期 148 d 左右。试验地前茬为玉米,试验前测定土壤理化性质,结果见表 1。

表 1 试验区土壤化学性质

项目	电导率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH 值	有机质 含量 (g/kg)	碱解氮 含量 (mg/kg)	有效磷 含量 (mg/kg)	速效钾 含量 (mg/kg)
测定值	731	8.84	17.69	33.23	35.17	97

1.2 试验材料

供试作物:玉米,品种为沈单 10 号,由临泽县农技中心提供。

供试材料:菌糠为姬菇菌糠,由张掖贯党珍稀菇业有限公司提供;凹凸棒石、石膏和菌糠-凹凸复合盐碱地调理剂均由奋君矿业有限公司提供。

1.3 试验设计

试验采用随机区组设计,3 次重复,小区面积 48 m^2 。试验共设 3 个处理,分别为:T1(75% 菌糠 + 25% 凹凸棒石 + 微生物复合菌剂)、T2(石膏)、对照 CK(不施调理剂)。

1.4 试验方法

2021 年 4 月 24 日播种,行距 0.45 m,密度 67 500 株/ hm^2 。播前整地、施肥、铺膜。9 月 21 日考种。菌糠-凹凸复合盐碱地调理剂和石膏结合春季整地一次性施入。试验管理与当地常规玉米管理保持一致。

1.5 测试方法

1.5.1 土壤理化性质测定

1.5.1.1 土壤物理性质测定 采用环刀法测定土壤容重和孔隙度^[12]。

1.5.1.2 土壤化学性质测定 土壤 pH 值采用玻璃电极法测定,土壤电导率采用电导仪测定,水土质量比均为 5:1。土壤其他理化性质参照《土壤农化分析》测定^[13],采用重铬酸钾容量法测定土壤有

机质含量、乙酸铵交换法测定阳离子交换量(CEC)、原子发射光度法测定交换性钠离子浓度。碱化度(ESP) = 交换性钠离子浓度/阳离子交换量。

1.5.2 出苗率 在苗期,每小区选 3 个点,在每个样点的单行上连续数取 20 个播种穴并统计幼苗数量,计算出苗率。3 个点的平均出苗率为小区出苗率。

1.5.3 玉米产量性状测定 产量性状:收获时,每小区随机选取 20 个果穗测定秃顶长度、行粒数、行数、百粒质量。小区产量即实收产量。

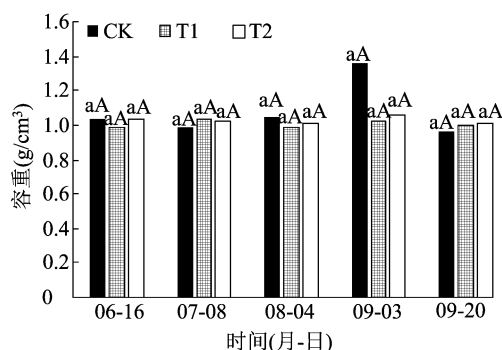
1.6 数据分析

Excel 软件整理数据与绘图,DPS 19.5 统计软件方差分析,差异显著性测验采用新复极差法。

2 结果与分析

2.1 不同处理对土壤物理、化学性质的影响

2.1.1 不同处理对土壤物理性质的影响 土壤容重是土壤结构的主要指标。图 1 表明,各处理容重在玉米全生育期变化不大,在玉米生长不同阶段各处理虽有差异,但处理间均没达到显著差异水平。由此表明,各处理对土壤容重影响不大。



柱上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。下图同
图1 不同处理对土壤容重的影响

孔隙度决定土壤的透气性、通气性和保水性。由图 2 可知,T1 孔隙度在全生育期变化不大,但高于 T2 和 CK,9 月 3 日与 T2 间差异显著,9 月 20 日与 CK、T2 间差异显著;T2 和对照间差异不显著。由此表明,菌糠-凹凸盐碱地调理剂能增加土壤孔隙度,石膏对土壤孔隙度影响不大。

2.1.2 不同处理对土壤化学性质的影响

2.1.2.1 不同处理对土壤 pH 值和电导率的影响

图 3 表明,不同时期不同处理的 pH 值差异不显著。T1 和 T2 的 pH 值整体呈下降趋势,CK 的 pH 值变化无规律,但在 9 月 20 日,各处理的 pH 值都

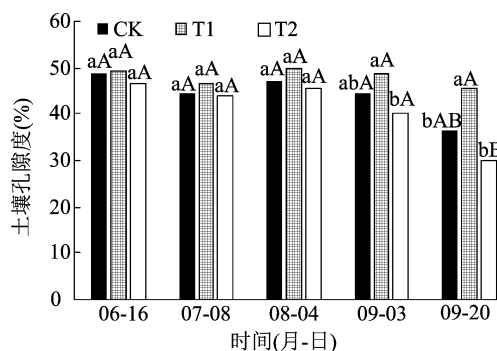


图2 不同处理对土壤孔隙度的影响

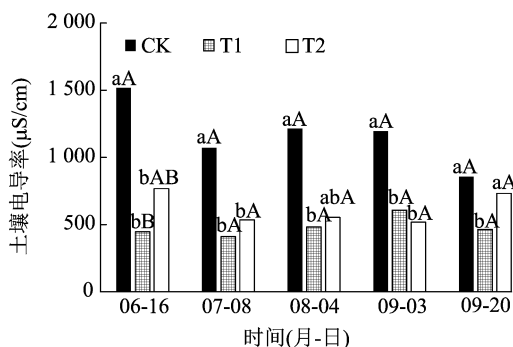


图4 不同处理对土壤电导率的影响

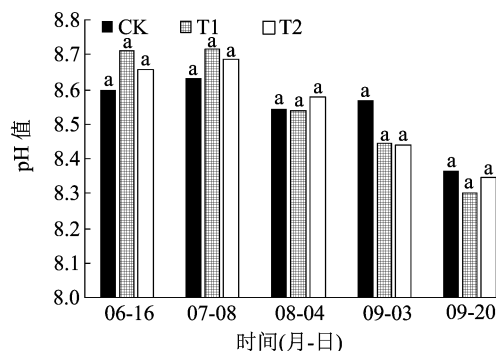


图3 不同处理对土壤 pH 值的影响

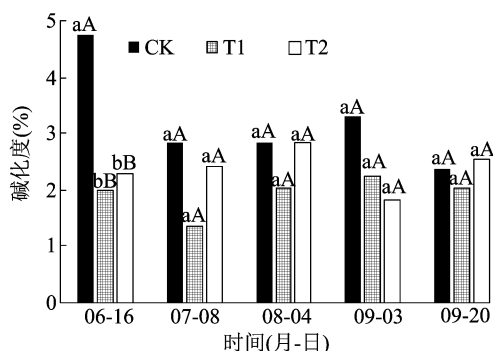


图5 不同处理对土壤碱化度的影响

接近于原始 pH 值。由此说明,各处理对 pH 值影响较低。

图 4 表明,各处理土壤电导率在全生育期变化较大。6 月 16 日,CK 电导率最高,为 1 512 $\mu\text{S}/\text{cm}$,其次 T2,电导率为 762 $\mu\text{S}/\text{cm}$,T1 电导率最低,为 452 $\mu\text{S}/\text{cm}$;T1 较 CK 降低了 70.11%,二者差异极显著,T2 较 CK 降低了 49.6%,二者差异显著,T2 与 T1 差异不显著。7 月 8 日、9 月 3 日,CK 和 T1、T2 间差异显著,T1 和 T2 间差异不显著。8 月 4 日,CK 与 T1 差异显著,与 T2 差异不显著。9 月 20 日,T1 电导率最低,为 467.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$,CK 电导率最高,为 859 $\mu\text{S}/\text{cm}$,T1 较 CK 降低了 45.56%,与 CK 差异显著;T2 电导率为 730.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$,较 CK 降低了 14.94%,但二者差异不显著,与 T1 差异显著。CK 的电导率在全生育期均高于 T2 和 T3。由此表明,菌糠-凹凸盐碱地复合调理剂和石膏均能显著降低土壤电导率,尤其是菌糠-凹凸盐碱地复合调理剂,在玉米生长前期降低土壤电导率效果非常显著。

2.1.2.2 不同处理对土壤碱化度和阳离子交换量的影响 由图 5 可知,6 月 16 日,CK 碱化度最高,为 4.73%,其次为 T2,碱化度 2.27%,T1 碱化度最低,为 1.99%。T1 碱化度较 CK 降低了 2.74 百分点,差异达极显著水平,T2 较 CK 降低 2.46 百分点,

二者存在着极显著差异,T1 和 T2 间差异不显著。7 月 8 日以后,虽然 CK 的碱化度均高于 T1 和 T2,但差异不显著。由此表明,菌糠-凹凸复合盐碱地调理剂和石膏在玉米生育前期均能降低土壤碱化度。

由图 6 可知,全生育期 T1 的阳离子交换量最高,但在整个生育期呈下降趋势。6 月 16 日,T1 的阳离子交换量最高,达 13.10 cmol/kg ,CK 最低,为 10.90 cmol/kg ,较 CK 增加 20.18%,T2 与 T1、CK 间差异不显著。7 月 8 日,T1 和 T2 间差异显著。8 月 4 日、9 月 3 日,T1 和 T2、CK 间差异显著。9 月 20 日,T1 和 T2、CK 间差异不显著。全生育期,T2 和 CK 间差异不显著。由此表明,盐碱地复合调理剂能改良土壤,提高土壤的保肥能力。

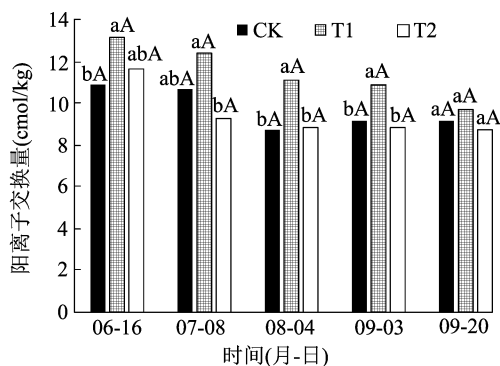


图6 不同处理对土壤阳离子交换量的影响

2.1.2.3 不同处理对土壤有机质含量的影响 由图 7 可看出,整个生育期,T2 和 CK 有机质含量低于 T1。6 月 16 日,T1 和 T2、CK 间有机质含量变化不大,7 月 8 日以后,T2 和 CK 有机质含量显著低于 T1。9 月 20 日收获时,T1 有机质含量达 18.88 g/kg,较 CK 增加 2.87 g/kg。T2 和 CK 间有机质含量在全生育期变化不大,二者差异不显著。由此表明,菌糠-凹凸盐碱地调理剂能显著提高土壤有机质含量。

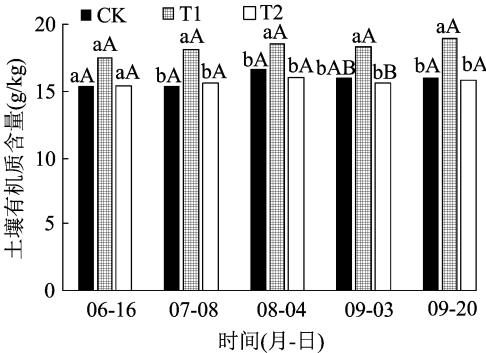


图7 不同处理对土壤有机质含量的影响

2.2 不同处理对玉米出苗率的影响

出苗率是作物产量的基础。由表 2 可知,T1 出苗率平均 96.16%,为最高,CK 的出苗率最低,平均为 52.69%,T1 较 CK 的出苗率增加了 43.47 百分点,二者差异极显著。T2 的出苗率平均为 78.59%,较 CK 的出苗率增加了 25.90 百分点,较 T1 的出苗率降低了 17.57 百分点,三者间差异极显著。

处理	出苗率(%)				差异显著性	
	I	II	III	平均	5%	1%
T1	94.64	96.75	96.91	96.16	a	A
T2	80.35	81.27	73.88	78.59	b	B
CK	45.15	59.52	53.34	52.69	c	C

2.3 不同处理对玉米经济性状和产量的影响

由表 3 可知,T1 的百粒质量最高,较 CK 增加 11.15 g,增幅达 42.85%;T2 和 CK 的百粒质量差异小。CK 的秃顶长度最长,为 2.55 cm,较 T1 增加了 1.49 cm,增幅 140.57%;T2 的秃顶长度略低于 CK。T1 的行粒数高于 CK 7 粒,较 T2 增加 5 粒。T1 和 T2 的行数相同,较 CK 增加了 2 行。由此表明,菌糠-凹凸盐碱地复合调理剂能明显改善玉米经济性状。

表 4 表明,不同处理间产量差异显著。T1 小区

产量最高,达 56.31 kg,较 CK 增加 29.04 kg,增产 106.49%,差异极显著,较 T2 增产 34.23%,差异显著。T2 产量较 CK 增产 53.83%,差异显著。由此表明,盐碱地增施菌糠-凹凸盐碱地复合调理剂,可显著提高玉米产量。

表 3 不同处理对经济性状的影响

处理	百粒质量(g)	单株秃顶长(cm)	行粒数(粒/行)	行数(行/穗)
T1	37.17	1.06	35	16
T2	27.59	2.18	30	16
CK	26.02	2.55	28	14

表 4 不同处理对产量的影响

处理	产量(kg/48 m ²)				差异显著性	
	I	II	III	平均	5%	1%
T1	55.04	59.80	54.09	56.31	a	A
T2	44.30	45.09	36.42	41.95	b	AB
CK	22.46	27.54	31.80	27.27	c	B

3 讨论与结论

3.1 不同处理对土壤物理性质的影响

土壤容重受母体材料、气候、生物作用和耕作条件的综合影响,土壤容重通常是微弱变化的^[14]。本试验结果表明,菌糠-凹凸盐碱地调理剂对土壤容重有一定影响,总体上降低了土壤容重,但变化不大,这跟前人研究结果^[14]相似。

土壤孔隙度是反映土壤结构的重要指标之一。本试验结果表明,在玉米生长前期,各处理对土壤孔隙度影响不大,在收获后期,菌糠-凹凸盐碱地调理剂对土壤孔隙度有显著影响,可增加土壤孔隙度,是由于菌糠-凹凸盐碱地调理剂含有较高的有机质和活性菌,随着作物生长,对土壤质地有所影响,增加了土壤孔隙度。

3.2 不同处理对土壤化学性质的影响

土壤 pH 值是评价土壤盐碱化程度的一个重要指标。张玉凤等发现,增施盐碱土壤改良剂,可降低土壤 pH 值^[15]。张发胜等认为,石膏基盐碱地土壤调理剂可降低土壤 pH 值^[16]。本试验结果表明,各处理对 pH 值影响不大,与以上研究结果有差异,原因有待于进一步研究。

土壤电导率可反映土壤水溶性盐含量。孙泽文研究表明,原位超稳矿化法可大幅度降低土壤电

导率^[17]。本试验结果表明,菌糠-凹凸盐碱地复合调理剂和石膏均能显著降低土壤电导率,尤其是菌糠-凹凸盐碱地复合调理剂,在前期降低土壤电导率效果非常显著,与上述研究结果相一致。

土壤肥力的重要指标之一是有机质含量。王涵等研究结果表明,增施不同调理剂可提高土壤有机质含量^[18]。郭天云等在研究中发现,施用磷石膏可提高土壤有机质含量^[19]。本试验结果表明,菌糠-凹凸盐碱地调理剂提高了土壤有机质含量,与上述研究结果相一致,主要是由于菌糠-凹凸盐碱地调理剂本身含有较高的有机质和微生物菌剂,可增加土壤有机质含量。增施石膏对土壤有机质含量影响不显著。

增施盐碱地调理剂可降低土壤碱化度,提高阳离子交换量^[20-22]。本试验结果表明,在玉米生长前期,增施菌糠-凹凸盐碱地调理剂能降低土壤碱化度,提高阳离子交换量,主要是由于凹凸棒石的吸附性和离子交换能力强。增施石膏在玉米生长前期能降低碱化度,对阳离子交换量影响不大,原因有待于进一步研究。

3.3 不同处理对玉米出苗率和产量的影响

出苗率可直接反映盐碱地调理剂的改良效果。本试验结果表明,施用菌糠-凹凸盐碱地调理剂后可显著增加玉米出苗率,这和王鼎等的研究结果^[23]相似。主要是由于施用菌糠-凹凸盐碱地调理剂后在玉米生长前期显著降低了土壤电导率,从而提高了玉米出苗率。

施用盐碱地调理剂可提高作物产量。徐国风等和南江宽等分别发现,增施腐植酸后,玉米增产 16.3%^[24],油菜和玉米分别较对照增产 15.68% 和 9.15%^[25]。本试验结果与以上研究结果相一致,其原因主要是施用菌糠-凹凸盐碱地调理剂后提高了玉米出苗率,改善了土壤性质。

由以上试验结果可得出如下结论,菌糠-凹凸盐碱地调理剂能显著降低土壤电导率,对土壤容重和 pH 值影响较小,可增加土壤有机质含量,在前期可降低土壤碱化度,提高阳离子交换量、玉米出苗率和产量。

参考文献:

[1] 张建锋,张旭东,周金星,等. 世界盐碱地资源及其改良利用的基本措施[J]. 水土保持研究,2005,12(6):28-30,107.
[2] 周和平,张立新,禹 锋,等. 我国盐碱地改良技术综述及展望[J]. 现代农业科技,2007(11):159-161,164.

[3] 杨自辉,王继和,纪永福,等. 河西走廊盐碱地治理模式研究[J]. 土壤通报,2005,36(4):479-482.
[4] 陆 欣,谢英荷. 土壤肥科学[M]. 2 版. 北京:中国农业大学出版社,2011.
[5] 王相平,杨劲松,张胜江,等. 石膏和腐殖酸配施对于旱盐碱区土壤改良及棉花生长的影响[J]. 土壤,2020,52(2):327-332.
[6] 谢修鸿,梁运江,李 玉. 黑木耳菌糠改良苏打盐碱土效果研究[J]. 水土保持学报,2008,22(5):130-133,152.
[7] 石 堃,崔大练,易 杨,等. 菌糠土壤改良剂对滩涂盐碱土壤主要理化性质的影响[J]. 国土与自然资源研究,2014(5):45-47.
[8] 秦 萍,张俊华,孙兆军,等. 降碱抑盐改良剂对重度盐化碱土的改良效果[J]. 干旱地区农业研究,2019,37(4):269-275,283.
[9] 吴明昊,朱孔志,杨世才,等. 凹凸棒石土壤改良剂在盐碱地水稻上的应用效果研究[J]. 现代农业科技,2017(24):15,17.
[10] 江 娜. 盐碱地微环境改良剂的研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2015:11-34.
[11] 黄小鸿,杨豆豆. 凹凸棒对盐碱水的处理研究[J]. 宁夏师范学院学报,2021,42(4):99-103.
[12] 陆 欣,谢英荷. 土壤肥科学[M]. 2 版. 北京:中国农业大学出版社,2011:322-324.
[13] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2000:173-188.
[14] 赵亚丽,王云强,张兴昌. 黄土高原生态工程区土壤容重及饱和导水率的分布特征[J]. 农业工程学报,2020,36(10):83-89.
[15] 张玉凤,林海涛,王江涛,等. 盐碱土壤调理剂对玉米生长及土壤的改良效果[J]. 中国土壤与肥料,2017(1):134-138.
[16] 张发胜,俄胜哲,姚佳璇,等. 石膏基盐碱土调理剂对河西饲料玉米生物产量及土壤的影响[J]. 甘肃农业科技,2020(9):10-13.
[17] 孙泽文. 原位超稳矿化法盐碱土壤改良机理与应用研究[D]. 北京:北京化工大学,2022:46-47.
[18] 王 涵,张忠庆,刘金华,等. 不同改良剂对苏打盐碱土的改良效果[J]. 吉林农业大学学报,2020,42(5):569-575.
[19] 郭天云,郭天海,何增国. 磷石膏对盐碱地改良效果及对玉米的影响[J]. 甘肃农业科技,2019(7):48-52.
[20] 韩剑宏,孙一博,张连科,等. 生物炭与腐殖酸配施对盐碱土理化性质的影响[J]. 干旱地区农业研究,2020,38(6):121-127.
[21] 高惠敏,王相平,屈忠义,等. 不同改良剂对河套灌区土壤盐碱指标及作物产量的影响研究[J]. 土壤通报,2020,51(5):1172-1179.
[22] 王磊元,李凤娟,秦翠兰. 施用不同土壤改良剂对准格尔盆地盐碱地的改良作用[J]. 江苏农业科学,2022,50(16):259-264.
[23] 王 鼎,李跃进,李青春,等. 硅酸钙型盐碱土复合调理剂配方筛选研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2020,48(11):123-132.
[24] 徐国风,同延安. 不同改良措施对卤阳湖盐碱地土壤性质及玉米产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2019,37(3):232-237.
[25] 南江宽,陈效民,王晓洋,等. 不同改良剂对滨海盐渍土盐碱指标及作物产量的影响研究[J]. 土壤,2013,45(6):1108-1112.