

孙兴荣,李杰,卞景阳,等.改良剂对水稻育秧棚盐碱土的改良效果[J].黑龙江农业科学,2022(8):42-46.

改良剂对水稻育秧棚盐碱土的改良效果

孙兴荣^{1,2},李杰^{1,2},卞景阳^{1,2},刘琳帅^{1,2},邵凯^{1,2},刘凯^{2,3},来永才^{2,3}

(1.黑龙江省农业科学院 大庆分院,黑龙江 大庆 163319; 2.国家耐盐碱水稻技术创新中心 东北中心,黑龙江 哈尔滨 150086; 3.黑龙江省农业科学院,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为了探究综合土壤改良剂对水稻育秧棚盐碱土改良效果,通过田间小区试验,在等量石膏、菌渣及硫酸铝基础上设置不同腐殖酸用量处理,与未改良前的土壤容重、孔隙度、pH、电导率、盐基离子进行比较分析。结果表明,施用改良剂 S5 使土壤的容重从 $1.31\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 降低到 $1.21\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$;孔隙度增加到 67.50%,电导率由 $0.360\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ 下降到 $0.260\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$;pH 由 9.42 下降到 8.41,由碱性变成微碱性;全盐量由 $1.741\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 下降到 $0.849\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,且差异显著。可见,改良剂 S5 对水稻育秧棚盐碱土改良效果较好,可以达到生产应用要求。

关键词:改良剂;水稻;育秧棚;盐碱土

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



东北松嫩平原是世界上三大苏打盐碱土分布区之一,由于自然及人类的作用使得土壤盐碱化加剧^[1]。大庆市位于黑龙江省西部松嫩平原腹地,是土壤盐碱化较严重的地区^[2]。近几年,随着种植业结构的调整,水稻种植的面积呈逐年增加的趋势,目前大庆市水稻种植面积为 13 万 hm^2 ,拥有水稻育秧棚 6.2 万栋。育秧是盐碱地种植水稻的重要环节,健壮的秧苗是保证水稻稳产、高产的前提。然而由于棚内床土为盐碱土,地下水位高,土壤盐量高,肥力低,通透性差,加之棚内环境长期处于半封闭状态,处于缺少雨水淋洗、高温、高湿、高蒸发量的状态,进而加剧土壤盐分上移,直接影响到水稻育秧质量,危害秧苗的生长。

以往的研究多是针对旱育秧模式下的秧苗营养需求、营养土替代及秧苗管理等方面的研究^[3-7],

而针对水稻育秧棚室内床土的改良研究报道较少。本研究在前期证实了食用菌菌渣可以作为改良盐碱土的有机改良剂的基础上,考察同时添加硫酸铝、石膏、腐殖酸对育秧棚土壤的综合改良效果,以期水稻棚室育秧生产提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

供试土壤为位于大庆市林甸县四季青现代农业高新技术示范基地的苏打盐碱土,土壤基本理化性质详见表 1。改良剂包括腐殖酸土壤生物改良剂(黑色粉末状,含腐殖酸 $\geq 60\%$, $\text{K}_2\text{O}\geq 14\%$);石膏粉($\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$),硫酸铝 $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3\cdot 18\text{H}_2\text{O}]$,含量 99.09%,草腐菌菌渣(80%玉米芯+16%麦麸+2%生石灰+2%石膏粉)。

表 1 供试土壤基本化学性质

土层/ cm	全氮/ ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	全磷/ ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	全钾/ ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	速效氮/ ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	速效磷/ ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	速效钾/ ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	有机质/ ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	pH	EC/ ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$)	盐分/ ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
0~20	3.25	1.33	25.6	157.1	16.7	321.0	24.4	9.42	3.6	1.741

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验设置 5 个改良剂处理,S1 处理:腐殖酸($550\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)+石膏($1\ 000\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)+草腐菌菌渣($25\ 000\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)+硫酸铝($20\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$);S2 处理:腐殖酸($650\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)+石膏($1\ 000\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)+草腐菌菌渣($25\ 000\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)+硫酸铝($20\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$);S3 处理:腐殖酸($750\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)+石膏($1\ 000\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)+草腐菌菌渣($25\ 000\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)+硫酸铝($20\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$);S4

收稿日期:2022-05-25

基金项目:黑龙江省农业科学院科技攻关项目(2021YYF043);黑龙江省省属科研院所科研业务费项目“国家耐盐碱水稻技术创新中心东北中心建设”(CZKYF2020A001);大庆市指导性科技计划项目(zd-2021-98);黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”专项(HNK2019CX02);黑龙江省农业科学院高效、绿色现代农业示范项目(TGY-2020-27)。

第一作者:孙兴荣(1984—),女,硕士,助理研究员,从事水稻耐盐碱研究。E-mail:dqnkysxr@126.com。

通信作者:卞景阳(1980—),男,博士,副研究员,从事水稻耐盐碱研究。E-mail:bjy19800926@163.com。

处理:腐殖酸(850 kg·hm⁻²)+石膏(1 000 kg·hm⁻²)+草腐菌菌渣(25 000 kg·hm⁻²)+硫酸铝(20 kg·hm⁻²);S5处理:腐殖酸(950 kg·hm⁻²)+石膏(1 000 kg·hm⁻²)+草腐菌菌渣(25 000 kg·hm⁻²)+硫酸铝(20 kg·hm⁻²)。以不施改良剂处理为对照 S0。小区面积 30 m²,随机区组排列,3 次重复。

改良前于 2021 年 3 月取样,改良后于 2021 年 10 月取样。采用 5 点法采集棚室区正常覆盖耕层 0~20 cm 土层土壤样品,混合均匀后的鲜土用四分法留取 1 kg 左右,装入聚乙烯塑料袋,标记密封带回实验室,阴干后用于土壤各项指标的测定。

1.2.2 测定项目及方法 土壤物理性质测定:土壤容重、孔隙度采用环刀法测定。

$$\text{土壤容重}(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})=m/V$$

$$\text{土壤饱和持水量}(\text{g}\cdot\text{kg}^{-1})=(m_1-m)/m\times1000$$

$$\text{土壤毛管持水量}(\text{g}\cdot\text{kg}^{-1})=(m_2-m)/m\times1000$$

式中, m 为环刀内烘干样(土)质量; m_1 为浸润 12 h 后环刀内湿土质量; m_2 为在干砂上搁置 2 h 后环刀内湿土质量。

$$\text{非毛管孔隙}(\%)=0.1\times[\text{饱和持水量}-\text{毛管持水量}]\times\text{土壤密度}/\text{水的密度}\times100$$

$$\text{土壤毛管孔隙度}(\%)=0.1\times\text{毛管持水量}\times\text{土壤密度}/\text{水的密度}\times100$$

$$\text{总孔隙度}(\%)=\text{非毛管孔隙度}+\text{毛管孔隙度}$$

土壤化学性质测定:土壤酸碱度(pH)用上海仪迈仪器科技有限公司 IS128 标准型 pH 计,采用电位测定法(水土比为 5:1)测定^[8];盐分参考森林土壤水溶性盐分分析,采用离子加和法测定^[9];土壤盐分总量采用八大离子加和法^[9]计算。

土壤盐基离子测定:盐基离子待测液制备采用去离子水,按土水比 1:5 提取,振荡 5 min,离心过滤,参照黄昌勇^[10]方法测定。CO₃²⁻、HCO₃⁻ 采用双指示剂中和法测定;Cl⁻ 采用硝酸银滴定法测定;SO₄²⁻ 采用 EDTA 间接滴定法测定;Ca²⁺、Mg²⁺ 采用 EDTA 络合滴定法测定;Na⁺、K⁺ 采用火焰光度法测定。

1.2.3 数据分析 数据采用 SPSS 19.0 及 Excel 2014 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 施用改良剂对棚室盐碱土壤容重的影响

由图 1 可知,不同改良剂处理棚室土壤的容重变化为 1.21~1.31 g·cm⁻³。施用改良剂的

5 个处理分别比 S0 的容重减少 0.03,0.10,0.08,0.05 和 0.02 g·cm⁻³,其中 S2 下降了 7.63%;施用改良剂的各处理均与改良前 S0 差异显著,S1 与 S2 处理差异显著,S2 和 S5 处理差异显著;改良剂处理后较改良前容重最多减少 0.10 g·cm⁻³,具有显著性差异,明显降低了土壤的紧实度。

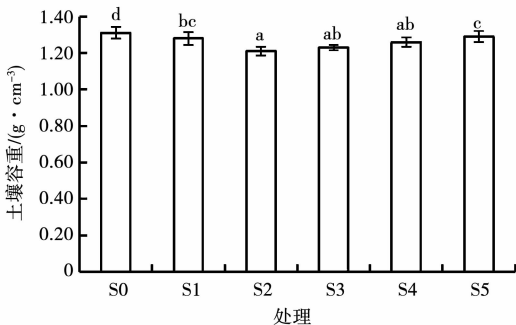


图 1 不同改良剂处理对棚室盐碱土壤容重的影响
注:不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平差异显著。下同。

2.2 施用改良剂对棚室盐碱土壤孔隙度的影响

由表 2 可知,土壤非毛管孔隙度为 6.57%~23.98%,S0 处理非毛管孔隙度非常小,通气性差,各处理非毛管孔隙度增加显著,说明施用综合改良剂可以提高盐碱棚室土壤的通气孔隙度,改善土壤通气性;毛管孔隙度为 38.88%~46.54%,各处理间毛管孔隙度无明显变化规律;总孔隙度较改良前提高较多,总孔隙度为 61.63%~67.50%,各处理与 S0 处理差异显著,总孔隙度以 S3 处理最高,为 67.50%;非毛管孔隙度/毛管孔隙度则表现为 S2~S4 处理显著高于 S0、S1 及 S5 处理,说明综合施用改良剂均可改善土壤通气性和保水性,其中以 S2 处理最好。

表 2 不同改良剂处理对棚室耕层土壤孔隙度的影响

处理	非毛管孔隙度/%	毛管孔隙度/%	总孔隙度/%	非毛管孔隙度/毛管孔隙度
S0	6.57 a	48.38 d	54.95 a	0.14 a
S1	18.27 b	46.10 cd	64.36 c	0.40 c
S2	23.12 d	38.88 b	62.00 b	0.59 e
S3	23.98 d	43.52 b	67.50 d	0.55 d
S4	21.77 c	39.87 a	61.63 c	0.55 d
S5	18.32 b	46.54 c	64.87 c	0.39 b

注:同列数据后不同小写字母表示处理间在 $P<0.05$ 水平差异显著。下同。

2.3 施用改良剂对棚室盐碱土壤电导率的影响

由图 2 可知, S1~S3 处理的土壤 EC 值高于 S0 处理, 其中 S1 处理、S2 处理显著高于 S0 处理, 其中 S2 处理的土壤 EC 值最高达到 $0.45\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, S4~S5 处理的土壤 EC 值均低于 S0, 其中 S5 处理效果最明显, 比 S0 处理的土壤 EC 值下降 $0.10\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ 。

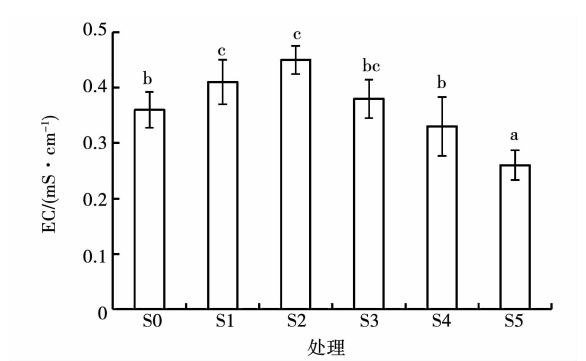


图 2 不同改良剂处理对棚室盐碱土壤电导率的影响

2.4 施用改良剂对棚室盐碱土壤 pH 的影响

由图 3 可知, 与 S0 处理相比, 各个处理的 pH 均降低, 其中 S1 处理与 S0 处理无明显差异, S2~S5 处理土壤 pH 较 S0 显著降低。S1~S4 处理 pH 为 8.57~9.37, 分别较 S0 处理降低了 0.05, 0.20, 0.52 和 0.85; S5 处理的土壤 pH 较 S0

处理显著降低 1.01。在 S2~S4 处理的改良作用下, 虽然土壤 pH 有所下降, 但仍在碱性范围内 (大于 8.5), 而 S5 处理土壤 pH 为 8.41, 属于微碱性, 这说明 S5 处理的改良措施在碱土改良作用上具有本质差异。

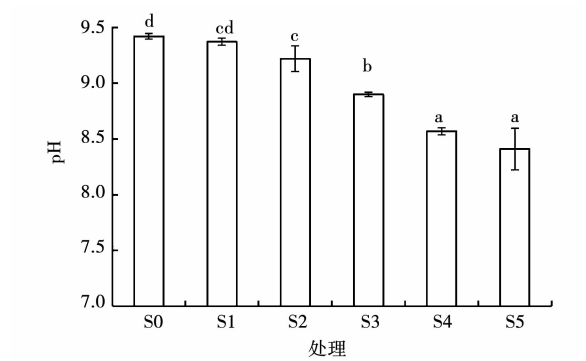


图 3 不同改良剂处理对棚室盐碱土壤 pH 的影响

2.5 施用改良剂对棚室盐碱土壤水溶性盐基离子及全盐量变化的影响

由表 3 可知, 改良剂施入后各处理土壤全盐含量较 S0 处理均有所降低, 土壤全盐含量范围大小顺序为 $S0>S2>S1>S3>S4>S5$, 各处理间差异显著, 导致降低的原因主要是 S2~S5 处理的改良作用对离子的调节。

表 3 改良剂对棚室盐碱土壤的水溶性盐基离子、全盐量变化的影响

单位: $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$

处理	阳离子				阴离子				全盐含量
	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	
S0	0.022 d	0.173 c	0.015 c	0.044 e	0.995 f	0.130 c	0.115 a	0.247 e	1.741 f
S1	0.014 bc	0.081 a	0.016 c	0.026 b	0.719 e	0.185 d	0.133 d	0.024 b	1.213 d
S2	0.013 ab	0.113 ab	0.040 d	0.036 c	0.573 b	0.398 e	0.161 e	0 a	1.327 e
S3	0.022 d	0.081 a	0.011 b	0.039 d	0.651 d	0.083 a	0.012 a	0.155 d	1.055 c
S4	0.012 a	0.133 bc	0.016 c	0.018 a	0.621 c	0.114 b	0.056 c	0.046 c	1.022 b
S5	0.015 c	0.131 bc	0.007 a	0.044 e	0.489 a	0.132 c	0.033 b	0 a	0.849 a

改良前盐基离子含量大小顺序依次为 $\text{HCO}_3^->\text{CO}_3^{2-}>\text{Na}^+>\text{Cl}^->\text{SO}_4^{2-}>\text{Mg}^{2+}>\text{K}^+>\text{Ca}^{2+}$, 以 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 Na^+ 、 Cl^- 和 SO_4^{2-} 为主, 其中 HCO_3^- 改良前高达 $0.995\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。阴离子总含量比阳离子总含量高, 阴离子含量 $S0>S2>S1>S3>S4>S5$, 分别为 1.487, 1.132, 1.061, 0.901, 0.837 和 $0.654\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$; 阳离子含量 $S0>S2>$

$S5>S3>S4>S1$, 分别为 0.254, 0.202, 0.197, 0.153, 0.179 和 $0.137\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

施用改良剂后有利于 Na^+ 的淋洗, 各处理中 Na^+ 含量均有所下降, S3 处理下降幅度最大由 S0 的 $0.173\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 下降到 $0.081\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 其余阳离子含量有增有降; S5 在降低 HCO_3^- 含量上效果最显著, 分别比 S0 和 S1 下降了 50.85% 和

31.99%, CO_3^{2-} 未检出; S3、S4 在降低 Cl^- 含量上效果最好, S1 积累了土壤中 Cl^- 的含量, 显著高于 S0, S5 比 S1 的 Cl^- 降低 28.65%。S5 的 SO_4^{2-} 和全盐含量分别比 S0 和 S1 下降了 71.30%、75.19% 和 51.23%、30.01%。由此可知, 改良剂处理对棚室盐碱土壤的 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 含量均有显著降低作用, 在降低 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 及全盐含量方面, S5 最好, 其次是 S3、S4。

3 讨论

大庆市位于黑龙江省西部松嫩平原腹地, 是土壤盐碱化较严重的地区, 盐碱土壤类型属于典型的苏打碱化土壤, 最显著的特征是含有大量严重危害作物生长的 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 。本研究中采用的化学改良措施较前人研究的施用单一改良剂降低土壤盐碱性效果显著。

土壤容重、土壤孔隙度是反映土壤固体颗粒和孔隙度状况的基本参数, 它们对土壤水、肥、气、热状况和农业生产有显著影响^[10]。与 S0 处理相比, 试验组各处理土壤容重显著降低, 孔隙度显著增加, 究其原因可能是菌渣的加入降低了土壤的密度, 相关研究也证实了此观点^[11-12]。

土壤 pH 和电导率是反映土壤盐碱化程度的主要指标。本研究应用的改良剂各处理均降低了盐碱棚室土壤 pH, 且效果显著。分析原因可能是石膏与碱土中的碱性盐反应生成中性盐, 进而降低土壤的 pH。邱全敏等^[13]研究表明硫酸铝具有降低 pH 的作用, Al^{3+} 水解后释放出 H^+ , 降低土层 pH; 菌渣及腐殖酸均可降低土壤 pH^[14-15], 其中的腐殖酸是很好的离子交换剂, 对钠、氯等有害离子有代换吸附作用, 能调节土壤酸碱度, 起到利于土壤酸碱性平衡的缓冲调节作用, 改变土壤酸碱性^[16]。试验中 S5 处理土壤的电导率最低, 可能是改良剂的加入改善了土壤结构, 改变水盐运动方向, 土壤表层水量与速度减小, 抑制了盐分

的上升; 另一方面, 可能是改良剂的施入降低了土壤表面的蒸发强度, 从而减弱地下水中盐分向地表积累。

本研究中, 改良处理对土壤中阴离子的影响较大, 多数处理显著降低了 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 含量。改良剂有利于 Na^+ 的淋洗, 各改良剂处理 Na^+ 含量均有所下降。可能是因为改良剂中腐殖酸提供的 H^+ , 石膏提供的可交换 Ca^{2+} , 硫酸铝提供的可交换 Al^{3+} , 均可与土壤胶体表面的 Na^+ 交换, 使 Na^+ 含量下降^[17-19]。 Ca^{2+} 与 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 发生化学反应, 使 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 含量下降。与 S0 相比, 试验中各处理的全盐量均显著下降, 改良效果明显。但考虑到本试验的改良时间较短, 后续应对连续几年的数据进行记录追踪, 多年施用改良剂是否会导致土壤盐分积累等问题有待进一步研究, 最终得出最佳的改良处理, 为盐碱地水稻育秧棚室盐碱土改良提供技术支撑。

4 结论

本研究结果表明, 改良剂处理能降低土壤的紧实度, 改善土壤通气性和保水性, 以 S2 处理最好。S5 处理比 S0 处理的土壤 EC 值下降了 $0.1 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$, 效果最为明显。改良剂能降低土壤 pH, S5 处理土壤 pH 降至微碱性。改良剂处理对棚室盐碱土中的 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 及全盐含量均有显著降低作用, 且以 S5 效果最好, 其次是 S3、S4。

参考文献:

- [1] 赵金星, 周伟, 战英策, 等. 土壤改良剂对盐化草甸土物理性质及水稻产量的影响[J]. 作物杂志, 2018(6): 138-143.
- [2] 王发, 张伟, 曲晓晶, 等. 多功能水稻无土育苗营养基质的研究[J]. 吉林农业科学, 2014, 39(1): 20-24.
- [3] 耿云久, 张伟, 张显东, 等. 无土育苗基质在水稻上应用效果研究[J]. 吉林农业科学, 2013, 38(1): 10-11, 14.
- [4] 栗海俊, 李勇, 杨秀霞, 等. 不同形态氮素营养和水分条件对苗期水稻生长及渗透调节能力的影响[J]. 中国水稻科学, 2013, 27(4): 511-516.

- 2010,24(4):403-409.
- [5] 陈新红,王志琴,杨建昌.不同氮素水平与水分胁迫对水稻秧苗素质的影响[J].干旱地区农业研究,2007,25(1):78-81,93.
- [6] 廖莎,谭雪明,李木英,等.稻草基质育秧不同水分管理对水稻秧苗生长的影响[J].中国稻米,2017,23(4):71-74.
- [7] 李睿,董立强,商文奇,等.育秧基质和喷水间隔处理对机插秧苗素质及产量的影响[J].中国水稻科学,2021,35(1):59-68.
- [8] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,1999.
- [9] 国家林业局.森林土壤水溶性盐分分析:LY/T 1251-1999[S].北京:国家林业局,1999.
- [10] 黄昌勇.土壤学[M].北京:中国农业出版社,2000:66-89.
- [11] 张洪勇,魏龙雪,张书良.茶树菇菌渣对设施土壤肥力及番茄产量、品质的影响[J].食用菌,2021,43(1):72-74.
- [12] 陈世昌,常介田,吴文祥.菌渣还田对梨园土壤性状及梨果品质的影响[J].核农学报,2012,26(5):821-827.
- [13] 邱全敏,罗东林,罗乐洋.施用土壤 pH 改良剂对弱碱性荔枝园土壤性质及荔枝生长的影响[J].南方农业学报,2020,51(7):1545-1552.
- [14] 齐广耀,李增安,左杰.大球盖菇菌渣改良滨海盐碱土试验[J].山东农业科学,2020,52(4):126-130.
- [15] 齐广耀,张书茵,孙建平.大球盖菇菌渣对盐碱土区林地土壤的改良研究[J].山东农业科学,2022,54(1):104-110.
- [16] 李杰,姬景红,李玉影.施用改良剂对大庆盐碱土的改良效果研究[J].中国土壤与肥料,2016(2):50-54.
- [17] 汤俊芳,李志洪,聂英斌.苏打碱土改良与水稻育苗同步的初步研究[J].吉林农业大学学报,2021,43(1):86-94.
- [18] 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.
- [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.

Improvement Effects of Amendment on Saline-Alkali Soil in Seedling Raising Shed of Rice

SUN Xing-rong^{1,2}, LI Jie^{1,2}, BIAN Jing-yang^{1,2}, LIU Lin-shuai^{1,2}, SHAO Kai^{1,2}, LIU Kai^{2,3}, LAI Yong-cai^{2,3}

(1. Daqing Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Daqing 163319, China; 2. Northeast Branch of National Center of Technology Innovation for Saline-Alkali Tolerant Rice, Harbin 150086, China; 3. Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: In order to explore the effect of comprehensive soil amendments on the improvement of saline-alkali soil in rice seedling shed, through field experiments, different dosages of humic acid were set on the basis of equal amounts of gypsum and fungus residue-based aluminum sulfate, which were comparable to the soil bulk density before improvement, the porosity, pH, conductivity, and base ions were compared and analyzed. The results showed that the application of improver S5 reduced the soil bulk density from $1.31 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ to $1.21 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. The porosity increased to 67.50% and the electrical conductivity decreased from $0.36 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ to $0.260 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$. And the pH decreased from 9.42 to 8.41, changed from alkaline to slightly alkaline, the total salt content significantly reduced from $1.741 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ to $0.849 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. The amendment S5 had a better effect on the improvement of saline-alkali soil in rice seedling sheds, which can meet the requirements of production and application.

Keywords: amendment; rice; seedling raising shed; saline-alkali soil

欢迎投稿