

# 有机肥配施盐碱土壤改良剂对盐碱地土壤性状及甜菜产量和品质的影响

陆海玲

(酒泉市肃州区现代农业技术推广服务中心, 甘肃 酒泉 735000)

**摘要:** 甜菜是酒泉市肃州区支柱产业之一, 但当地的土壤盐碱因素严重制约了酒泉甜菜产业的高质量发展, 盐碱土壤改良需求迫切。为了给盐碱地改良和甜菜种植提供科学依据和技术支撑, 我们以甜菜品种甘糖7号为试材, 通过2020—2022年连续3a试验, 研究了有机肥配施“禾康”盐碱土壤改良剂对土壤理化性质及甜菜产量和品质的影响。结果表明, 与对照不施有机肥及盐碱土壤改良剂相比, 施用有机肥60 t/hm<sup>2</sup>同时配施“禾康”盐碱土壤改良剂30 kg/hm<sup>2</sup>(整地后种植前随水施入50%用量, 剩余50%用量于第2次灌溉时随水施入)可显著降低盐碱地土壤含盐量、pH、电导率、容重, 提高土壤有机质含量和阳离子交换量, 同时也提高了甜菜产量和品质, 其中土壤含盐量、pH、电导率、容重分别降低38.7%、10.9%、23.2%、9.3%, 土壤有机质含量和阳离子交换量分别提高39.1%和10.8%, 甜菜可溶性固形物含量和产量提高25.2%和23.1%。由此可见, 盐碱土壤改良剂配施一定量的有机肥可实现土壤改良, 作物增产且品质提升的效果。

**关键词:** 盐碱地; 甜菜; 土壤改良剂; 有机肥; 土壤性状; 产量; 品质

**中图分类号:** S566.3; S147.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-2172(2024)10-0944-05

**doi:** 10.3969/j.issn.2097-2172.2024.10.011

## Effects of Organic Fertilizer Combined with Saline-alkaline Soil Amendments on Soil Properties, Sugar Beet Yields, and Quality in Saline-alkaline Land

LU Hailin

(Suzhou District Modern Agricultural Technology Promotion Service Centre, Jiuquan Gansu 735000, China)

**Abstract:** Sugar beet is one of the pillar industries in Suzhou District, Jiuquan City, but the high salinity and alkalinity of the local soil severely restricts the high-quality development of the sugar beet industry, therefore, the need for saline-alkaline soil improvement is urgent. To provide scientific reference and technical support for saline-alkaline land reclamation and sugar beet cultivation, a three-year experiment (2020 to 2022) was conducted using the sugar beet variety Gantang 7 as the test material. The study investigated the effects of applying organic fertilizer combined with the 'Hekang' saline-alkaline soil amendment on soil physicochemical properties, sugar beet yields, and quality. The results showed that compared to the control (without organic fertilizer or saline-alkaline soil amendments), applying 60 t/ha of organic fertilizer along with 30 kg/ha of 'Hekang' saline-alkaline soil amendment (50% applied with water before planting and the remaining 50% applied with the second irrigation) significantly reduced soil salinity, pH, electrical conductivity, and bulk density, while increasing soil organic matter content and cation exchange capacity. These changes also improved sugar beet yield and quality in which soil salinity, pH, electrical conductivity, and bulk density were decreased by 38.7%, 10.9%, 23.2%, and 9.3%, respectively. Meanwhile, soil organic matter content and cation exchange capacity were increased by 39.1% and 10.8%, respectively, and sugar beet soluble solids content and yield were increased by 25.2% and 23.1%. This indicates that applying a certain amount of organic fertilizer combined with saline-alkaline soil amendments could effectively improve soil, increase crop yield, and enhance quality.

**Key words:** Saline-alkaline land; Sugar beet; Soil amendment; Organic fertilizer; Soil property; Yield; Quality

土地盐碱化在世界各地均有发生, 我国盐碱地总面积约1亿hm<sup>2</sup>, 主要分布在北方干旱-半干旱地区及滨海平原地带<sup>[1]</sup>。甘肃省是土壤盐碱地分布较多的省份之一, 酒泉市肃州区作为传统的农业大县, 农作物播种面积稳定在4.2万hm<sup>2</sup>以

上, 其中约1.0万hm<sup>2</sup>的耕地遭受不同程度的盐渍化侵害, 土壤肥力低, 生产力不高, 制约了当地农业发展。同时由于土壤有机肥施入量不足和化学肥料大量施用, 导致土壤有机质含量降低, 土壤保水、保肥能力变差, 土壤易板结。甜菜是酒

收稿日期: 2024-06-20

作者简介: 陆海玲(1984—), 女, 甘肃敦煌人, 农艺师, 主要从事农业技术推广工作。Email: 631261484@qq.com。

泉市肃州区支柱产业之一，因土壤盐碱因素，甜菜产量和品质下降，成为产业发展的制约因素，盐碱土壤改良需求迫切。前人研究发现，有机肥可以提高盐碱土壤有机质和养分含量，改善土壤团粒结构，还可降低土壤含盐量<sup>[2]</sup>。盐碱土改良也常使用酸性土壤改良剂调节土壤 pH，如“禾康”盐碱土壤改良剂利用大量酸性官能团通过络合和溶解土壤中  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Mg}^{2+}$ ，取代胶体吸附的钠离子，淋洗耕层的  $\text{Na}^{+}$  到底层中，达到改良盐碱地目的<sup>[3]</sup>。盐碱地土壤改良剂是近年来的研究热点，已在番茄、玉米、芸豆和菊苣草等多种作物上有研究报道<sup>[4-11]</sup>。“禾康”土壤改良剂作为一种新型土壤改良剂，被广泛应用于中、低产田改造和盐碱地治理及荒漠绿化等方面，但在盐碱地甜菜种植中的应用较少。为此，酒泉市肃州区现代农业技术推广服务中心于 2020—2022 年在酒泉市肃州区甜菜核心种植区开展有机肥配施“禾康”盐碱土壤改良剂试验，通过测定盐碱地土壤性状及甜菜品质、产量及经济效益，评价有机肥配施“禾康”盐碱土壤改良剂对盐碱地土壤性状及甜菜品质、产量和经济效益的影响，以期为肃州区盐碱地甜菜种植提供科学依据和技术支撑。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

指示甜菜品种为甘糖 7 号，由武威三农种业科技有限公司提供。供试土壤改良剂为“禾康”盐碱土壤改良剂，主要成分为水解马来酸酐，适用于北方盐碱土壤，是一种棕红色略带酸味无毒无害的有机液体化肥，由北京飞鹰绿地科技发展有限公司生产，主要技术指标：酸值(羧基含量) $\geq 180$  mg/g，固形物含量 350~430 g/L，pH 2.0~3.0，水不溶物 $\leq 10$  g/L，密度 1.2 g/cm<sup>3</sup>。供试尿素(含 N 46.4%)由甘肃刘化(集团)有限责任公司提供，硫酸钾(含  $\text{K}_2\text{O} \geq 51\%$ )由国投罗布泊钾盐有限责任公司提供，磷酸二铵(含 N 18%、 $\text{P}_2\text{O}_5$  64%)，由云南三环中化化肥有限公司提供；供试有机肥为腐熟羊粪，由当地某养殖大户提供。

### 1.2 试验地概况

试验于 2020—2022 年在属大陆性荒漠草原气候的酒泉市肃州区银达镇进行。当地年均气温 7.7 °C，年均日照时数为 3 052.9 h，年均无霜期

176 d，年均降水量 118.4 mm，年均蒸发量 1 830.4 mm。试验地土壤类型为盐碱土，耕层土壤含有有机质 11.15 g/kg，碱解氮 57.2 mg/kg、速效磷 18.4 mg/kg、速效钾 108.6 mg/kg、全盐 2.7 mg/kg，电导率 0.82 ms/cm，阳离子交换量为 8.15 cmol/kg，容重为 1.33 g/cm<sup>3</sup>，土壤肥力中等，pH 8.6。前茬作物为玉米。

### 1.3 试验方法

试验采用随机区组设计，共设 4 个处理，分别为 CK，不施有机肥和盐碱土壤改良剂；T1 处理，单施有机肥(腐熟羊粪)60 t/hm<sup>2</sup>；T2 处理，单施“禾康”盐碱土壤改良剂 30 kg/hm<sup>2</sup>；T3 处理，有机肥(腐熟羊粪)60 t/hm<sup>2</sup> 配施“禾康”盐碱土壤改良剂 30 kg/hm<sup>2</sup>。各处理均基施尿素 300 kg/hm<sup>2</sup>、硫酸钾 230 kg/hm<sup>2</sup>、磷酸二铵 370 kg/hm<sup>2</sup>。种植前 10 d，结合整地将全部有机肥深翻混匀施入。盐碱土壤改良剂按试验设计在整地后种植前随水施入 50% 用量，剩余 50% 用量于第 2 次灌溉时随水施入。试验采用随机区组设计，3 次重复，小区面积 45 m<sup>2</sup> (9 m × 5 m)，小区间用埂分隔。按垄宽 60 cm、垄高 20 cm 起垄覆膜(采用幅宽 90 cm、厚 0.005 mm 无色透明地膜)，垄面覆土压膜，每垄播种 2 行。试验均于每年 4 月 28 日采用播种器按行距 40 cm、株距 20 cm 穴播。各处理小区实行单灌。各处理均在苗期追施尿素 160 kg/hm<sup>2</sup>、磷酸二氢钾 30 kg/hm<sup>2</sup>，生长期追施磷酸二氢钾 60 kg/hm<sup>2</sup>，糖分积累期追施磷酸二氢钾 35 kg/hm<sup>2</sup>。全生育期以土壤含水量能满足甜菜生长发育为准，其他田间技术管理措施同当地大田。每年甜菜采收期均为 10 月 2 日。

### 1.4 测定项目与指标

2020—2022 年分别在甜菜播种前未施肥和收获后，在试验地上使用环刀法测定土壤容重<sup>[12]</sup>。按“S”形取样方法选 20 个点，用土钻采集 0~40 cm 土壤样品，混合均匀后阴干，剔除杂物，破碎磨细，过 0.25 mm 筛后装入自封袋，测定土壤容重、有机质含量、pH、电导率、含盐量和阳离子交换量。有机质含量用重铬酸钾容量法外加硫酸亚铁滴定法测定，pH 用 pH 计测定(土水比为 1:5)，电导率和全含盐量用 DDS-11 电导率仪测定，阳离子交换量用乙酸铵交换-容量法测定<sup>[12-14]</sup>。采

收时每个小区测定随机选取 20 株甜菜用电子天平称重法测定单株重量，同时用泉州光学仪器厂生产的 WYT-4 型糖量计测定可溶性固形物含量。按小区单收计产，并计算甜菜经济效益。

1.5 数据处理

采用 Excel 2013 软件对试验数据进行统计整理，用 SPSS 22.0 软件对试验数据进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 不同处理对盐碱地土壤理化性状的影响

从表 1 可以看出，不同处理对土壤容重、有机质含量和 pH 均有影响。T1、T3 处理的土壤容重分别较 CK 降低了 7.9%、9.4%，均与 CK 差异显著；T1、T3 处理的土壤有机质含量分别较 CK 提高了 32.7%、39.1%，均与 CK 差异显著；T1、T2、T3 处理的 pH、电导率、含盐量均与 CK 均存在显著性差异，其中 pH 分别较 CK 降低了 4.2%、7.4%、10.9%，电导率分别较 CK 降低了 6.1%、7.3%、23.2%，含盐量分别较 CK 降低了 16.1%、19.4%、38.7%；T2、T3 处理的阳离子交换量分别较 CK 提高了 5.9%、10.9%，均与 CK 差异显著。综上可得，T3 处理对盐碱地土壤理化性状改善作用最佳。

2.2 不同处理对甜菜可溶性固形物含量的影响

甜菜可溶性固形物含量是衡量甜菜品质的主要指标<sup>[8]</sup>。从表 2 可以看出，不同处理间甜菜可

表 2 不同处理甜菜可溶性固形物含量 g/kg FW

处理	2020年	2021年	2022年	平均
CK	154.4 b	154.1 c	153.6 c	154.0 c
T1	175.6 a	176.3 b	176.5 ab	176.1 ab
T2	164.3 b	165.8 bc	160.2 bc	163.4 bc
T3	189.3 a	192.1 a	197.2 a	192.9 a

溶性固形物含量存在一定差异，其中以 T3 处理可溶性固形物含量最高，为 192.9 (g/kg FW)，较 CK 提高了 25.3%；T2 处理次之，为 176.1 (g/kg FW)，较 CK 提高了 14.4%；T2 处理居第 3 位，为 163.4 (g/kg FW)，较 CK 提高了 6.1%。T3 处理与 T1 处理差异不显著，但与 T2 处理、CK 均差异显著；T1 处理与 T2 处理差异不显著，但与 CK 差异显著；T2 处理与 CK 差异不显著。由此可见，不同处理均较 CK 可提高甜菜可溶性固形物含量。

2.3 不同处理对甜菜产量和经济效益的影响

2.3.1 产量 从表 3 可以看出，不同处理甜菜平均折合产量以 T3 处理最高，为 81.45 t/hm<sup>2</sup>，较 CK 增产 23.15%；T1 处理次之，为 77.45 t/hm<sup>2</sup>，较 CK 增产 17.10%；T2 处理居第 3 位，为 77.40 t/hm<sup>2</sup>，较 CK 增产 17.02%。对产量进行方差分析的结果表明，T3 处理与其他处理间均存在显著性差异，T1 处理和 T2 处理之间差异不显著，但均与 CK 差异显著。

2.3.2 经济效益 由于各处理“禾康”盐碱土壤改

表 1 不同处理盐碱地土壤理化性状<sup>①</sup>

处理	容重 / (g/cm <sup>3</sup> )	有机质 / (g/kg)	pH	电导率 / (ms/cm)	含盐量 / (g/kg)	阳离子交换量 / (cmol/kg)
CK	1.39 a	11.0 c	8.62 a	0.82 a	3.1 a	7.82 c
T1	1.28 b	14.6 a	8.26 b	0.77 b	2.6 b	8.06 bc
T2	1.34 a	11.4 c	7.98 c	0.76 b	2.5 b	8.28 ab
T3	1.26 b	15.3 a	7.68 c	0.63 c	1.9 c	8.67 a

①表中数据均为 2020—2022 年平均值，同一列数据后不同字母表示差异显著(P<0.05)，下表同。

表 3 不同处理甜菜产量和经济效益<sup>①</sup>

处理	成本投入 / (元/hm <sup>2</sup> )	折合产量/(t/hm <sup>2</sup> )				较CK增产 /%	产值/(元/hm <sup>2</sup> )				较CK增收 / (元/hm <sup>2</sup> )
		2020年	2021年	2022年	平均		2020年	2021年	2022年	平均	
CK	19 320.0	67.65 c	64.92 c	65.85 c	66.14 c		30 442.5	29 214.0	29 632.5	29 763.0	
T1	21 720.0	79.20 b	76.35 b	76.80 b	77.45 b	17.10	35 640.0	34 357.5	34 560.0	34 852.5	5 089.5
T2	20 520.0	78.15 b	75.15 b	78.90 b	77.40 b	17.02	35 167.5	33 817.5	35 505.0	34 830.0	5 067.0
T3	22 920.0	82.65 a	80.40 a	81.30 a	81.45 a	23.15	37 192.5	36 180.0	36 585.0	36 652.5	6 889.5

① 甜菜价格为 450.0 元/t，腐熟羊粪价格为 40.0 元/t，“禾康”盐碱土壤改良剂价格为 40.0 元/kg，种子、农药、化肥和人工及机械等费用合计均为 19 320.0 元/hm<sup>2</sup>。

良剂、有机肥施用量不同, 导致成本投入有一定差。不同处理成本投入介于 19 320~22 920 元/hm<sup>2</sup>, T1、T2、T3 处理成本投入分别较 CK 增加 2 400、1 200、3 600 元/hm<sup>2</sup>。产值以 T3 处理最高, 为 36 652.5 元/hm<sup>2</sup>, 较 CK 增收 6 889.5 元/hm<sup>2</sup>; T1 处理次之, 为 34 852.5 元/hm<sup>2</sup>, 较 CK 增收 5 089.5 元/hm<sup>2</sup>; T2 处理居第 3 位, 为 34 830.0 元/hm<sup>2</sup>, 较 CK 增收 5 067.0 元/hm<sup>2</sup>; CK 产值最低, 仅为 29 763.0 元/hm<sup>2</sup>。

由此可见, 增加土壤改良剂和有机肥投入, 甜菜产值和收益均有所提高。T1、T2、T3 处理的产量、产值、纯收益均高于 CK, 其中产量分别较 CK 提高了 17.10%、17.02%、23.15%; 产值分别较 CK 提高了 5 089.5、5 067.0、6 889.5 元/hm<sup>2</sup>, 纯收益分别较 CK 提高了 2 689.5、3 867.0、3 289.5 元/hm<sup>2</sup>。综上所述, T3 处理的平均折合产量和产值均优于其他处理, 且经济效益较好。

### 3 讨论与结论

酒泉肃州区以盐碱地为主, 土壤理化性质差, 施用土壤改良剂能够改善土壤条件, 促进甜菜的生长, 提高甜菜产量。本研究表明, 于 2020—2022 年连续 3 a 在酒泉市肃州区甜菜核心种植区进行有机肥配施“禾康”盐碱土壤改良剂能够降低盐碱地土壤容重, 这与周继等<sup>[15]</sup>、吴海勇等<sup>[16]</sup>、王锋等<sup>[17]</sup>、蒋坤云等<sup>[18]</sup>和安东等<sup>[19]</sup>的研究结果一致。施用有机肥和土壤改良剂均能增加土壤有机质含量, 但有机肥配施“禾康”盐碱土壤改良剂提高效果更好, 这与塔依尔等<sup>[20]</sup>的研究结果一致。有机肥、土壤改良剂和有机肥配施土壤改良剂处理均可降低 pH, 这与 Koji 等<sup>[21]</sup>的研究结果一致。此外, 本研究还表明有机肥配施“禾康”盐碱土壤改良剂处理盐碱地土壤电导率和含盐量显著降低, 这与 Koji 等<sup>[21]</sup>和张修宁<sup>[22]</sup>的研究结果一致。“禾康”盐碱土壤改良剂和有机肥配施“禾康”盐碱土壤改良剂处理均可提高土壤阳离子交换量, 这与黄静<sup>[23]</sup>和郇恒福等<sup>[24]</sup>的研究结果一致。

单施有机肥 (60 t/hm<sup>2</sup>) 的处理和有机肥 (60 t/hm<sup>2</sup>) 配施“禾康”盐碱土壤改良剂 (30 kg/hm<sup>2</sup>) 处理的甜菜产量、可溶性固形物含量、产值均较对照不施有机肥和土壤改良剂显著提高, 但以有机肥配施“禾康”盐碱土壤改良剂处理效果最好, 其不

仅能显著改善土壤理化性状和肥力水平, 而且对甜菜的产量和品质提高显著, 这与前人在设施番茄、甜菜、向日葵、甘蔗上的研究结果一致<sup>[4, 8, 25-26]</sup>。单施“禾康”盐碱土壤改良剂处理效果较有机肥配施“禾康”盐碱土壤改良剂处理差。有机肥和土壤改良剂施用数量及土壤改良剂品种不同, 土壤理化性质和甜菜产量、品质也会发生变化, 有机肥配施土壤改良剂其他施用量组合对甜菜产量、品质和土壤理化性质的影响还有待进一步研究。

有机肥 (60 t/hm<sup>2</sup>) 配施“禾康”盐碱土壤改良剂 (30 kg/hm<sup>2</sup>) 的处理可显著降低土壤容重、pH、电导率、含盐量, 显著提高土壤有机质含量和阳离子交换量。与不施有机肥和土壤改良剂的对照相比, 有机肥 (60 t/hm<sup>2</sup>) 配施“禾康”盐碱土壤改良剂 (30 kg/hm<sup>2</sup>) 的处理 pH 降低 10.9%, 电导率降低 23.2%, 含盐量降低 38.7%, 土壤有机质提高 39.1%, 阳离子交换量提高 10.9%, 甜菜可溶性固形物含量、产量分提高 25.2% 和 23.1%。由此可见, 盐碱土壤改良剂在与一定量的有机肥配施可以实现土壤改良, 作物增产且品质提升的效果。

### 参考文献:

- [1] 王倩姿, 王玉, 孙志梅, 等. 腐植酸类物质的施用对盐碱地的改良效果[J]. 应用生态学报, 2019, 30(4): 1227-1234.
- [2] SHEORAN P, BASAK N, KUMAR A, et al. Ameliorants and salt tolerant varieties improve rice-wheat production in soils undergoing sodification with alkali water irrigation in Indo-Gangetic Plains of India[J]. Agricultural Water Management, 2021, 243: 106492.
- [3] CHEN K, PENG J, LI J, et al. Stabilization of soil aggregate and organic matter under the application of three organic resources and biochar-based compound fertilizer [J]. Journal of Soils and Sediments, 2020, 20 (10): 3633-3643.
- [4] 张林青. 土壤改良剂对连作设施番茄产量和品质的影响[J]. 长江蔬菜, 2019(22): 67-69.
- [5] 王伟, 李明, 张文慧, 等. 不同改良措施对盐碱地芸豆生长及产量的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2019, 30(1): 1-7; 16.
- [6] 王锐, 丁成云. 盐碱地改良对土壤理化性状及菊苣草品质的影响[J]. 安徽农学通报, 2019, 24(22): 73-74; 79.
- [7] 汪立梅, 桂丕, 李化山, 等. 改良剂与微生物菌剂

- 联合施用对盐碱地土壤和耐盐植物的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 46(17): 264-269.
- [8] 庞文强. 盐碱地不同改良剂及种植方式对甜菜生长的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2019.
- [9] 朱 慧, 何颖悦. 不同土壤调理剂配施对连作番茄土壤特性和产量与果实品质的影响[J]. 中国瓜菜, 2023, 36(5): 104-108.
- [10] 冯 伟, 蒲娜娜, 谢 楠, 等. 生物有机肥对滨海盐碱地旱作玉米产量及地上部生物量的影响[J]. 河北农业科学, 2018, 21(4): 29-33.
- [11] 王 娜, 寇俊德, 张立勤, 等. 有机肥与土壤调理剂配施对轻度盐碱地玉米生育期、产量及土壤盐分的影响[J]. 乡村科技, 2023, 14(11): 68-70.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [13] 郑铭宇, 蔡立群, 张骏达. 临泽县耕地质量评价[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(5): 463-469.
- [14] 李百云, 许泽华, 郭鑫年, 等. 宁夏不同生态类型区土壤养分状况比较分析[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(5): 434-440.
- [15] 周 继, 陈晓燕, 谢德体, 等. 土壤改良剂聚丙烯酰胺对紫色土物理性质及其空间变异的影响[J]. 水土保持学报, 2009, 23(6): 171-177.
- [16] 吴海勇, 李明德, 刘琼峰, 等. 不同土壤改良剂在红壤旱地上的应用效果[J]. 湖南农业科学, 2010(11): 45-47; 50.
- [17] 王 锋, 郭琪玖, 邱家路, 等. 新型土壤改良剂对马铃薯增产效应的研究[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(18): 4404-4407.
- [18] 蒋坤云, 郭建斌, 张宾宾, 等. 环保型土壤改良剂的引进及对沙化土壤改良效果的研究[J]. 湖南农业科学, 2011(11): 76-78; 81.
- [19] 安 东, 李新平, 张永宏, 等. 不同土壤改良剂对碱积盐成土改良效果研究[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(5): 115-118.
- [20] 塔依尔, 王东方, 张风华, 等. 施地佳土壤改良剂对盐渍化土壤的改良效果[J]. 新疆农垦科技, 2011, 34(1): 63-66.
- [21] KOJI KAMEYAMA, YUKIYOSHI IWATA, TERUHITO MIYAMOTO. Biochar amendment of soils according to their physicochemical properties[J]. Japan Agricultural Research Quarterly, 2018, 51(2): 117-127.
- [22] 张修宁. 盐碱地土壤改良剂筛选的分析[J]. 农业与技术, 2018, 37(14): 27.
- [23] 黄 静. 改良剂对旱地红壤保水保肥效果的影响[D]. 南昌: 南昌工程学院, 2014.
- [24] 郇恒福, 刘国道, MICHAEL WEBB, 等. 施用不同土壤改良剂对砖红壤交换性能影响的初步研究[J]. 热带作物学报, 2009, 30(11): 1595-1601.
- [25] 闫素珍, 米志恒, 孙祥春, 等. 临河区向日葵田盐碱地改良效果研究[J]. 北方农业学报, 2019, 46(6): 54-57.
- [26] 韦美英, 房 超, 李志勇, 等. 一种土壤改良剂对甘蔗产量及糖分的影响[J]. 广西糖业, 2019(3): 3-7.