

土壤改良剂对盐碱土性质及草地早熟禾生理生长特性的影响

李佳钰¹, 刘兴和², 魏佳吉², 史毅^{1*}, 张富¹, 田青¹

(1. 甘肃农业大学林学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃华运环境建设工程股份有限公司, 甘肃 兰州 730070)

摘要:【目的】筛选适合兰州新区盐碱地的土壤改良剂, 对提高兰州新区绿化的丰富度和景观效果具有重要意义。【方法】选取甘肃财贸职业学院内一处绿化用地为试验地, 采用盆栽试验分析5种土壤改良剂组合在草地早熟禾种植前后对土壤理化性质的影响及草地早熟禾生理生长指标的影响。【结果】5种土壤改良剂组合均降低了土壤pH值、全盐含量, 指示植物的出苗数、叶绿素含量、高度、叶宽、盖度均显著高于对照($P < 0.05$)。4种改良剂(处理2除外)降低了植物中丙二醛的含量, 增加了土壤中有机质、水解氮和有效磷的含量及草地早熟禾叶片中过氧化物酶、过氧化氢酶、超氧化物歧化酶的活性。【结论】5种盐碱改良剂以“3 750 kg/hm²腐殖酸+13 500 kg/hm²有机肥”组合效果最好, 改良后土壤pH值、全盐含量分别为7.43、0.31%, 比改良前分别降低了0.88、0.32%, 与CK相比, 土壤pH值、全盐含量分别由8.14、0.56%降低为0.71、0.25%, 改良效果优于其他土壤改良剂。

关键词:盐碱地; 改良剂; 土壤性质; 草地早熟禾; 生理生长特性

中图分类号:S688.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2025)01-0227-09

DOI:10.13817/j.cnki.cycp.2025.01.027



盐土和碱土被统称为盐碱土、盐渍土, 盐碱土包括原生盐碱土、次生盐碱土^[1]。盐碱土是指土壤中可溶性盐类浓度较高且在阳离子中, 总代换量中的交换性Na⁺占20%以上的土壤类型, 通常这类土壤会对植物生长直接造成抑制或危害^[2]。我国盐渍土占地约3.7×10⁷ hm², 其中现代盐碱土约3.7×10⁷ hm², 残余盐碱土约4.5×10⁷ hm², 并且尚存在约1.7×10⁷ hm²的潜在盐碱土^[3-4]。我国西北地区盐碱土分布范围极为广泛, 分布面积不断扩大, 盐碱化程度不断加深, 且

对绿化用地建设也影响甚大, 土壤作为绿化种植媒介载体, 为植物提供营养元素、水分和氧气等, 土壤结构直接影响绿化种植的效果^[5]。目前盐碱土改良的主要方法有物理、化学和生物改良等^[6-7]。其中化学改良是通过改良剂的施用来改善土壤理化性质^[8], 改良剂能够改善土壤的团粒结构, 有利于土壤脱盐和抑制返盐, 能够促进植物生长, 达到在短时间内改良盐碱土的作用^[9]。腐殖酸肥、有机肥、微生物菌剂、化肥、磷石膏、松土精、“康地宝”等为西北地区常见的盐碱土壤改良剂。腐殖酸作为一种亲水性的有机胶体, 是全球分布最广的天然有机物质之一, 能与土壤中的矿物质发生凝聚反应形成有机与无机复合体, 既能蓄水保墒又能透水降温, 改善土壤化学生物特性。腐殖酸能够刺激植物的生长发育、提高抗旱性、抗寒性和抗病性, 能改善土壤结构, 提高土壤保水、保肥能力^[10]。施用有机肥能使土壤有机质增加积累, 从而加强植物养分利用效率, 增强植物的抗盐性, 促进作物生长^[11]。刘杰等^[12]研究显示施用腐殖酸和有机肥显著提高了

收稿日期:2023-03-15; **修回日期:**2023-05-25

基金资助:甘肃省高等学校创新基金项目(2021B-133); 甘肃农业大学横向项目(GSAU-JSFW-2021-45-1)

作者简介:李佳钰(1998-), 女, 甘肃白银人, 硕士研究生。

E-mail:3272069878@qq.com

*通信作者, 研究方向园林地被植物的抗逆抗病生理及植物诱导抗性的产生机理。

E-mail:shiy@gsau.edu.cn

蒙古黄芪的水分利用效率及光合作用,更有利于植物生长。张修宁等^[13]研究表明腐殖酸与牛粪有机改良剂混施比单一施加土壤改良剂对小麦的生物量及小麦根长的影响更大,土壤中有机质含量也更高。刘铁军等^[14]研究表明生物菌肥可以显著降低土壤pH值,改善土壤空隙度,增加土壤透气、透水性,植物根系更易生长,显著提高草坪的盖度、密度、株高,提高了植物叶绿素含量,为植物生长创造较优水分条件。化肥为最常见的肥料,能够提高作物产量和作物对氮、磷、钾利用效率,吴多基等^[15-16]研究表明化肥配施土壤改良剂有利于农作物的生长,可提高水稻等作物产量。

兰州新区致力于建设山水一色、宜居宜业的生态文明新城^[17],需要建设大量绿化区域,草地早熟禾作为北方地区绿化常用的冷季型草坪草,是土壤改良过程中很好的指示植物,可以良好地反映土壤改良剂对种植植物生长的影响^[18]。由于新区气候干旱、降水量少、冬季寒冷且长,绿化区域土壤盐化严重、养分含量低,使植物成活率低、长势普遍弱,这些因素制约着兰

州新区园林绿化的持续发展^[19-20]。当前,国内外对土壤改良剂混施的相关研究较少,为此本研究将单一改良剂与混合改良剂做对比研究,并根据兰州新区土壤类型,综合考虑各项影响因素,优选出5种用于盐渍化土壤治理的土壤改良剂,通过分析改良后土壤的化学性质和指示植物草地早熟禾各项生理生长指标,选择适合兰州新区及其类似盐碱地观赏草坪生长的土壤改良剂,同时也为我国西北地区类似盐碱地改良提供一定的理论基础。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验地位于甘肃财贸职业学院内一处绿化用地,兰州新区(103°29'22"~103°49'56" E,36°17'15"~36°43'29"N),属大陆性季风气候,干旱少雨,昼夜温差大,平均海拔约1900 m。土壤养分含量低、盐渍化程度相对较高,原生地被植物相对稀少,局部生态系统相对脆弱,土壤盐渍化程度高,肥力差,土壤类型属于盐化型灰钙土。试验地土壤基本性质见表1。

表1 试验地土壤基本理化性质

Table 1 The basic physical and chemical properties of experimental soil

pH值 (水:土=2.5:1)	全盐含量/% (水:土=5:1)	有机质含量/ (g·kg ⁻¹)	水解氮含量/ (mg·kg ⁻¹)	有效磷含量/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾含量/ (mg·kg ⁻¹)
8.31	0.63	5.54	25	2.9	163

1.2 试验材料

试验所用盐碱土取自甘肃财贸职业学院,将取样土壤归类置入37.5 cm×29.5 cm花盆内,置于2张实验床上,每盆土重30 kg,共18盆。

灌溉水为兰州市安宁区园林科学研究所内绿化养护用水。

种植容器为加仑盆,其上直径为37.5 cm,下直径为29.5 cm,高为40 cm,花盆底部有排水孔并配有托盘。

供试草种为多年生早熟禾品种肯塔基,购自福来种业(甘肃)有限公司,产地为加拿大,发芽率85%。

所用改良剂及编号详情见表2。

表2 土壤改良剂

Table 2 Soil conditioners

编号	土壤改良剂名称	来源
FY	腐殖酸+生物有机肥	大连九成物产有限公司,甘肃浩霖农业发展有限公司
F	腐殖酸	大连九成物产有限公司
Y	生物有机肥	甘肃浩霖农业发展有限公司
SH	生物菌剂+化肥	史丹利农业集团股份有限公司,河北嘉泽实业有限公司
S	生物菌剂	河南省双惠农业科技发展有限公司
CK		

1.3 试验设计

于2022年6月2日,将试验用土置入温棚内,每盆

土壤改良剂的施用量按照盆表面积大小(0.110 m²)计算后一次性施用,施加改良剂时用耙子和铁锹将改

良剂与各盆栽土壤充分混合均匀,按改良剂编号依次放入带编号的花盆内,编号顺序自北向南放置6行3列,装盆完成后每盆土定量浇透水,放置7 d取表层土样后播种草籽,按照播种量为 30 g/m^2 撒播草坪草种,覆薄土后喷水,最后覆无纺布保湿。播种之日第2天起每天早晨定量浇水,待草坪草全部出苗后去除无纺布修剪,每隔3 d定量浇水,成坪后每隔7 d定量浇水。采用自然光照。试验期间草坪草的养护管理按常规进行^[21]。用长为50 cm,内径10 mm土钻取盆栽容器内0~30 cm土样测定,取样点位设为S形,实际取样5

点。将取样土壤充分混合,用四分法除去多余土样。土壤指标测定自8月30日起每20 d测土样一次,共3次;播种之日起测定第10、15、20和25天的出苗数;7月21日起草坪草高度、密度、叶宽、盖度每20 d测1次,共6次,叶绿素含量于8月10日起共测4次;植物生理指标于8月30日测定1次。每次取样完成后将草坪草修剪至2 cm高度。

试验共设5个处理、1个空白对照(CK),每处理3次重复。土壤改良剂及用量见表3。

表3 土壤改良剂处理
Table 3 Soil amendment treatment

处理	土壤改良剂名称	有效成分含量	施用量/ ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)
FY	腐殖酸+生物有机肥	$\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O} \geq 5\%$ 、有机质 $\geq 70\%$ 、总腐殖酸 $\geq 28\%$ + $\text{N} \geq 1.63\%$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5 \geq 4\%$ 、 $\text{K}_2\text{O} \geq 0.9\%$ 、有机质($\geq 45\%$)、有效活性菌含量 ≥ 0.2 亿/g	3 750+13 500
F	腐殖酸	$\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O} \geq 5\%$ 、有机质 $\geq 70\%$ 、总腐殖酸 $\geq 28\%$	3 750
Y	生物有机肥	$\text{N} \geq 1.63\%$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5 \geq 4\%$ 、 $\text{K}_2\text{O} \geq 0.85\%$ 、有机质($\geq 45\%$)、有效活性菌含量 ≥ 0.2 亿/g	13 500
SH	生物菌剂+化肥	枯草芽孢杆菌+二铵(总养分($\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 \geq 64.0\%$))	6 200+1 650
S	生物菌剂	枯草芽孢杆菌	6 200
CK	不添加改良剂		

1.4 测定指标和方法

1.4.1 土壤理化性质测定 土壤pH值采用pH计测定。土壤水溶性盐总量采用质量法测定。土壤有机质采用重铬酸钾氧化油浴加热法测定。土壤水解氮采用碱解扩散法测定。土壤速效钾采用醋酸铵—火焰光度计法(火焰光度计M410)测定。土壤有效磷采用碳酸氢钠浸提—钼锑抗显色法(分光光度计TU—1901)测定^[22]。

1.4.2 草地早熟禾生理指标的测定 草地早熟禾叶片丙二醛(MDA)测定采用双组分分光光度计法,超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化物酶(POD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性含量采用双抗体一步夹心法酶联免疫吸附试验(ELISA)检测试剂盒测定^[23]。

1.4.3 草地早熟禾生长指标的测定 草地早熟禾出苗数采用样方法,每盆随机取 $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ 的样方,数出样方内草坪草的株数,3次重复,单位株/ 5 cm^2 ;叶绿素含量测定采用混合液(无水乙醇与丙酮等体积混合)浸提比色法测定;草坪草密度采用小样方实测法测定,每盆随机选取 $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ 的小样方,数出小样方内草坪草的叶片数,5次重复;草坪草高度测定采用

人工直尺测量,各样点选择样本数为30,测量后计算平均值;草坪草盖度测定采用针刺法, $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ 样方均分100格,针刺每格,计数触植物总次数,5次重复;草坪草质地测定采用人工直尺测量整个叶片的最宽处,测量次数为30次,测量后计算平均值^[24]。

1.4.4 数据分析 用Excel 2010软件和SPSS 22.0对数据进行差异显著性检验和相关性分析, $P < 0.05$ 水平差异显著。

2 结果与分析

2.1 土壤改良剂对土壤指标的影响

施加土壤改良剂后除处理F外其余各处理土壤pH值均显著降低($P < 0.05$),且施用FY改良剂土壤pH值降低程度最大(表4)。FY、Y处理土壤pH值均不断降低,F、SH和S处理呈现先降低后升高的变化趋势。改良前各处理土壤全盐含量为 0.63% ,施加土壤改良剂后,土壤的全盐含量均有所降低,且施用FY改良剂土壤全盐含量降低程度最大。FY处理的土壤全盐含量不断降低,F、SH、S和CK处理均呈现先降低后升高的变化趋势。与对照相比,施加改良剂后

FY、Y处理的土壤有机质含量均显著增大($P < 0.05$),且施用FY改良剂土壤有机质含量最高。FY、F、SH和S处理土壤有机质含量均不断降低,Y处理呈现先升高后降低的变化趋势。FY、Y处理的土壤水解氮含量均显著大于CK($P < 0.05$),除F和CK处理呈现先升高后降低的变化趋势外,其他各处理均呈

现降低的变化趋势。FY、Y处理的土壤有效磷含量均显著大于CK($P < 0.05$),各处理土壤有效磷含量均不断降低。FY、Y处理的土壤速效钾含量均显著大于CK($P < 0.05$),FY、SH和S处理土壤速效钾含量均不断降低,F、Y和CK处理呈现先升高后降低的变化趋势。

表4 不同土壤改良剂对土壤性质的影响

Table 4 Effects of different soil amendments on soil properties

处理	测定日期/ (月-日)	pH值	全盐含量/%	有机质含量/ (g·kg ⁻¹)	水解氮含量/ (mg·kg ⁻¹)	有效磷含量/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾含量/ (mg·kg ⁻¹)
FY	8-30	7.86±0.06 ^c	0.41±0.08 ^c	12.97±1.34 ^a	102.43±8.85 ^a	15.20±0.89 ^a	171.67±2.89 ^a
	9-19	7.69±0.03 ^d	0.34±0.03 ^b	11.17±1.16 ^a	79.73±4.10 ^a	10.33±0.59 ^a	162.33±2.31 ^a
	10-09	7.43±0.07 ^e	0.31±0.03 ^b	10.13±0.78 ^a	70.20±4.16 ^a	8.77±2.00 ^a	137.67±7.64 ^a
F	8-30	8.15±0.06 ^{ab}	0.52±0.06 ^{ab}	6.53±0.87 ^{bc}	44.23±6.37 ^{cd}	6.33±0.76 ^{bc}	134.33±7.64 ^{cd}
	9-19	7.93±0.08 ^b	0.38±0.06 ^{bc}	4.87±0.70 ^c	52.07±12.23 ^b	5.47±0.40 ^b	140.00±21.93 ^b
	10-9	7.95±0.20 ^{bc}	0.55±0.09 ^b	4.73±0.70 ^c	38.50±4.11 ^b	4.10±0.66 ^{bc}	109.33±5.51 ^c
Y	8-30	7.85±0.04 ^c	0.47±0.02 ^c	8.23±0.31 ^b	70.20±4.16 ^b	6.77±0.67 ^b	154.33±7.64 ^b
	9-19	7.77±0.04 ^c	0.40±0.02 ^{ab}	6.87±0.31 ^b	55.17±6.10 ^b	6.17±0.47 ^b	165.33±4.51 ^a
	10-9	7.73±0.03 ^d	0.35±0.04 ^b	8.50±0.35 ^b	44.43±1.20 ^b	5.47±0.57 ^b	142.67±4.51 ^a
SH	8-30	8.09±0.06 ^b	0.51±0.03 ^{ab}	8.20±1.35 ^b	47.63±7.44 ^c	5.90±0.62 ^{bc}	141.00±5.00 ^c
	9-19	7.79±0.04 ^c	0.48±0.03 ^a	5.60±0.87 ^{bc}	42.93±4.00 ^c	5.50±0.26 ^b	134.33±10.41 ^b
	10-9	7.84±0.06 ^c	0.52±0.04 ^a	4.77±0.31 ^c	40.97±2.97 ^b	4.20±0.89 ^{bc}	105.67±3.79 ^c
S	8-30	8.10±0.06 ^b	0.52±0.04 ^{ab}	6.53±0.90 ^{bc}	39.27±39.27 ^{cd}	5.00±0.61 ^c	134.33±2.89 ^d
	9-19	7.84±0.05 ^b	0.44±0.04 ^a	4.97±0.67 ^c	32.17±2.74 ^d	4.00±0.44 ^c	125.33±6.03 ^b
	10-9	8.06±0.05 ^b	0.51±0.02 ^a	3.87±0.40 ^c	28.63±6.24 ^c	3.90±0.20 ^{bc}	124.33±2.89 ^b
CK	8-30	8.19±0.03 ^a	0.59±0.05 ^a	5.87±0.58 ^c	33.10±5.77 ^d	4.80±0.53 ^c	127.67±2.89 ^d
	9-19	8.17±0.03 ^a	0.41±0.07 ^{ab}	3.27±0.40 ^d	42.83±3.55 ^c	4.50±0.61 ^c	132.00±6.56 ^b
	10-9	8.14±0.02 ^a	0.56±0.04 ^a	4.57±0.55 ^c	27.37±4.10 ^c	3.20±0.30 ^c	105.67±3.79 ^c

注:同列不同小写字母表示不同处理相同时间差异显著($P < 0.05$)。

2.2 土壤改良剂对草坪生长指标的影响

2.2.1 各处理草地早熟禾出苗数 与对照相比,3个改良剂处理增大了草地早熟禾出苗数,15~20 d时各处理与CK间差异显著($P < 0.05$)(图1)。2个处理(FY、S)和CK早熟禾出苗数均呈现逐渐递增的趋势,其余3个处理(F、Y、SH)呈现先升高(10~20 d)后降低(20~25 d)的变化趋势。Y处理在第15、20天出苗数均最大,分别为132.33株/(5 cm²)、195.00株/(5 cm²),与对照相比分别增大了21.66株/(5 cm²)、28.33株/(5 cm²)。第25天,FY处理出苗数最大,为237.67株/(5 cm²),与对照相比增大了32.67株/(5 cm²),F处理最低,为204.33株/(5 cm²),与对照相比减小了0.67株/(5 cm²)。

2.2.2 各处理草地早熟禾叶片叶绿素含量 参比对照,4个改良剂处理(除F处理)增大了草地早熟禾叶

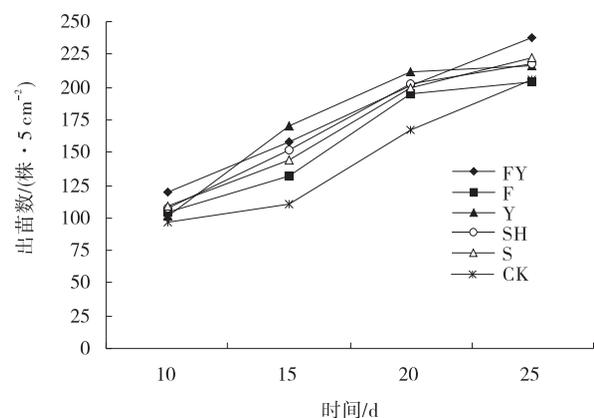


图1 各处理早熟禾出苗数

Fig. 1 Number of seedlings emerging in each treatment

片叶绿素含量,且差异显著($P < 0.05$)(图2),其中改良效果最好的为FY处理,在处理10 d时叶绿素含量为2.71 mg/g,显著高于其他各处理,与对照相比增大了0.89 mg/g。

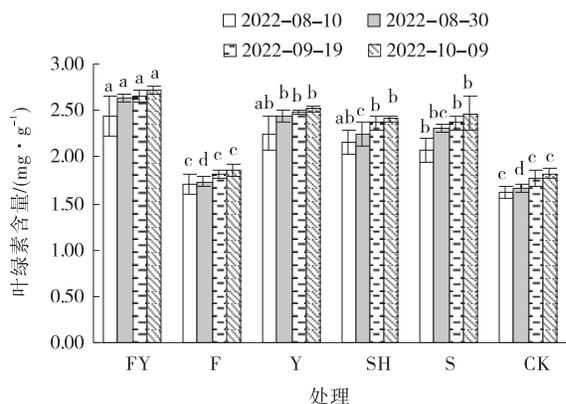


图 2 各处理早熟禾叶片叶绿素含量

Fig. 2 Effect of treatments on chlorophyll content of Bluegrass

2.2.3 高度 施加改良剂后各处理的草地早熟禾高度均显著大于CK($P<0.05$)(图3)。4个处理间(除Y处理、SH处理)差异显著,与对照相比,FY改良剂处理最好,10月9日时高度为13.32 cm,与对照相比增大了9.08 cm;F处理草地早熟禾高度最小,7月21日时为9.47 cm,与对照相比增大了5.23 cm。

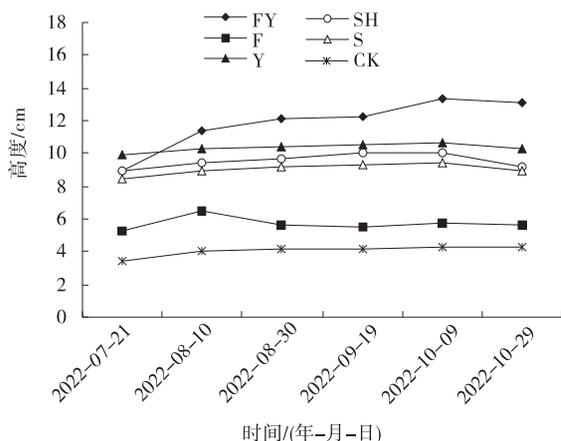


图 3 各处理草地早熟禾高度

Fig. 3 Each treatment of bluegrass height

2.2.4 密度 施加改良剂后各处理除F处理的草地早熟禾密度均显著大于CK($P<0.05$)(图4)。各处理草地早熟禾密度在10月之前呈递增趋势,参比对照FY处理在10月29日最大,为16.60 叶片/cm²,与对照相比增大了9.43 叶片/cm²,F处理最小,为7.20 叶片/cm²,与对照相比增大了0.03 叶片/cm²。

2.2.5 叶宽 施加改良剂后各处理的草地早熟禾叶宽均显著大于CK($P<0.05$)(图5)。7月21日至10月29日F处理在8月30日达最大值,为0.81 mm,其余各处理草坪草叶宽均在10月9日时达到最大,其中FY处理最大,为0.96 mm,CK最小,为0.68 mm。各

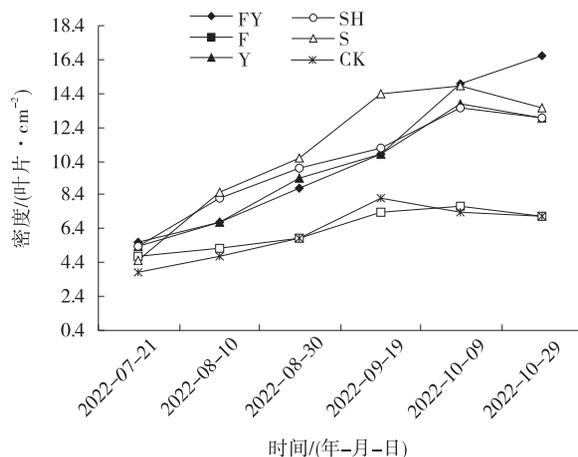


图 4 各处理草地早熟禾密度

Fig. 4 Each treatment of bluegrass density

处理中,草坪叶宽最大的为FY处理,Y改良剂处理次之。

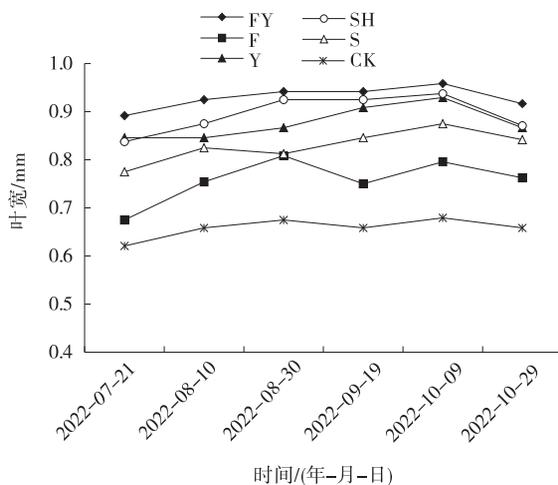


图 5 各处理草地早熟禾叶宽

Fig. 5 Each treatment of bluegrass leaf width

2.2.6 盖度 参比对照,施加改良剂后各处理的早熟禾盖度均显著大于CK($P<0.05$)(图6),期间各时间段FY处理均最大,在9月19日达到最大值,为93.5%,其次为Y处理,为87.4%,Y改良剂和SH改良剂处理的早熟禾盖度也较好,分别为87.37%和85.40%。

2.3 土壤改良剂对草坪生理指标的影响

2.3.1 各处理早熟禾叶片MDA含量 Y改良剂处理的MDA含量均低于其他各处理,为24.60 nmol/g,参比对照降低了14.93 nmol/g。F改良剂处理最高且与Y改良剂处理差异显著($P<0.05$),为41.13 nmol/g,参比对照增加了1.60 nmol/g,其余各改良剂处理MDA含量无显著性差异。

2.3.2 各处理早熟禾叶片SOD活性 施加改良剂后

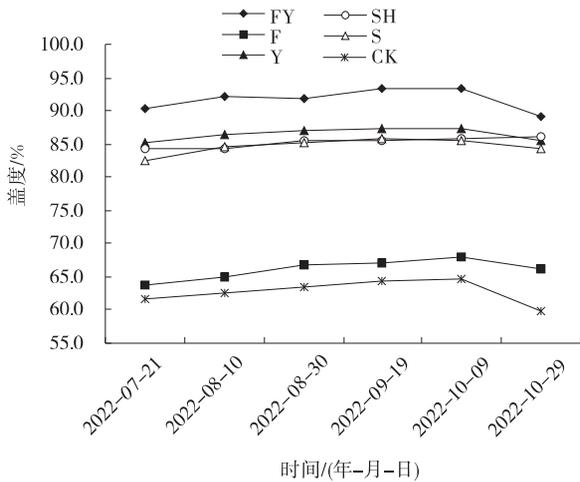


图6 各处理草地早熟禾盖度

Fig. 6 Each treatment of bluegrass coverage

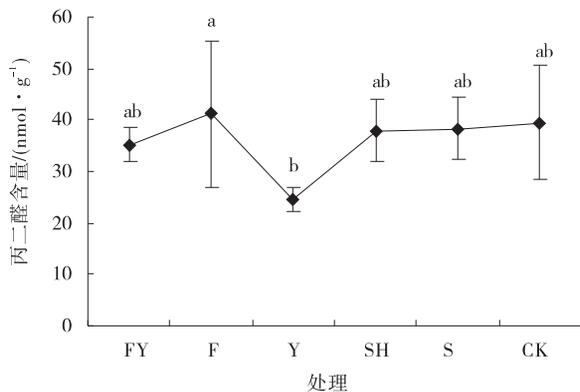


图7 各处理早熟禾叶片MDA含量

Fig. 7 The MDA in Kentucky bluegrass MDA content of *Poa pratensis* leaves in each treatment

各处理SOD含量均显著增高且与CK间存在显著性差异($P < 0.05$),其中施用Y改良剂草地早熟禾叶片中SOD含量最大,为782.35 U/g,与其它各处理之间差异显著,参比对照增加了207.96 U/g。F处理与S改良剂处理间无显著性差异,分别为681.57、674.84 U/g,参比对照分别增加了107.18、100.45 U/g。

2.3.3 各处理早熟禾叶片POD活性 施加改良剂后

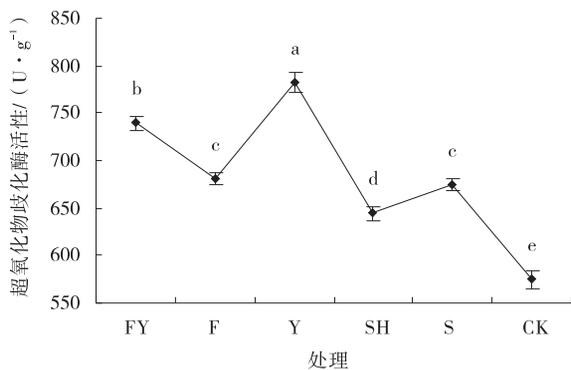


图8 各处理早熟禾叶片SOD活性

Fig. 8 SOD activity in leaves of each treatment

各处理POD活性均有不同程度的增高,其中4个改良剂处理(除SH处理)与CK间差异显著($P < 0.05$),且施用FY改良剂草地早熟禾叶片中POD活性最高,为207.33 U/g,参比对照增加了92.66 U/g。与其他各处理之间差异显著,SH改良剂处理POD活性最小,为130.00 U/g,参比对照增加了15.33 U/g。

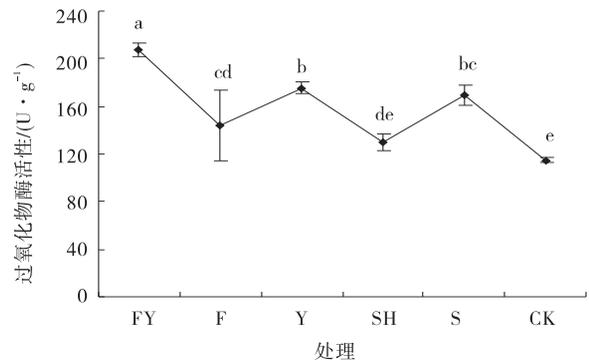


图9 各处理早熟禾叶片POD活性

Fig. 9 Each processing Kentucky bluegrass leaf POD activity

2.3.4 各处理早熟禾叶片CAT活性 施加改良剂后草地早熟禾叶片中CAT活性均有不同程度的提高且与CK间差异显著($P < 0.05$),其中施用Y改良剂草地早熟禾叶片中CAT活性最高,为111.01 $\mu\text{mol}/(\text{g}\cdot\text{min})$,参比对照增加了25.62 $\mu\text{mol}/(\text{g}\cdot\text{min})$ 。FY和S改良剂处理也较好,与Y改良剂无显著性差异($P > 0.05$)。SH改良剂改良效果不佳,与CK间差异不显著,为88.57 $\mu\text{mol}/(\text{g}\cdot\text{min})$,参比对照增加了3.18 $\mu\text{mol}/(\text{g}\cdot\text{min})$ 。

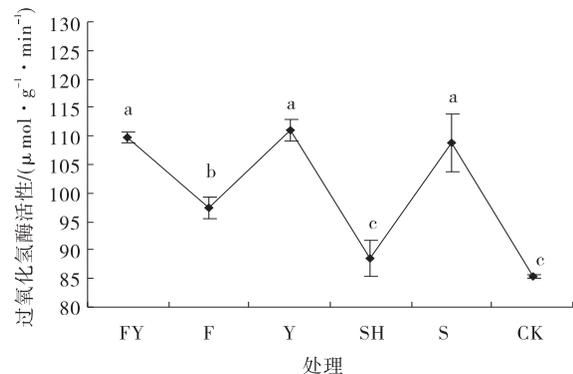


图10 各处理早熟禾叶片CAT活性

Fig. 10 Each processing Kentucky bluegrass leaf CAT activity

3 讨论

通过对兰州新区绿化用地盐渍化土壤施用土壤改良剂的盆栽土及种植的草地早熟禾进行对比试验,

分析土壤pH值、全盐含量、有机质含量、水解氮含量、速效钾含量、有效磷含量等化学指标,测定草坪草出苗数、密度、高度、盖度、叶宽、叶绿素含量等生长指标及草地早熟禾叶片中丙二醛、超氧化物歧化酶、过氧化物酶、过氧化氢酶等生理指标。结果表明,5种土壤改良剂均对盐碱土有不同程度的改良作用,促进了植物的生长。

其中“腐殖酸+有机肥”改良效果最好。土壤性质方面改良盐碱地pH值、全盐含量分别为7.43、0.31%,比改良前分别降低了0.88、0.32%,有机质含量、水解氮、有效磷分别为10.13 g/kg、70.2 mg/kg、8.77 mg/kg,比改良前分别增加了4.59 g/kg、45.2 mg/kg、5.87 mg/kg,达到了植物正常生长的土壤理化条件,但土壤中速效钾的含量比改良前降低了25.33 mg/kg。试验地土壤缺乏有机质含量、氮和磷元素,多钾素,腐殖酸能够促进有机质含量和土壤中其它速效养分的积累,且腐殖酸和有机肥中有机质含量丰富,有机质含量是衡量土壤肥力的重要指标,能够调节土壤氮、磷等元素含量,施入土壤中后提高土壤有机质含量等含量,迅速补充了土壤中所缺少的元素,具有脱盐、抑盐的作用,可明显降低土壤pH值,土壤中的钾元素不同于氮素、磷素,钾素多以矿物质形式存在,而钾在土壤中移动性强,容易随水流失,而植物生长加大了土壤养分的输出,钾素的投入又较少,造成土壤速效钾含量的下降^[25]。“腐殖酸+有机肥”处理草地早熟禾的出苗数最大,高度、密度、叶宽、盖度及叶绿素含量分别为13.12 cm、1.95株/cm²、0.92 mm、89.2%、2.71 mg/g,均显著高于未施加改良剂的处理。腐殖酸能够促进土壤团聚体的形成,提高土壤肥力,增加土壤透水性能,给植物生长提供良好的土壤环境,使植物根系更易生长^[26]。有机肥类土壤改良剂有利于改善早熟禾营养状况,可促进早熟禾生长和提高叶片内色素含量,增加草坪盖度、密度、基部叶长等,提高草坪草外观质量^[27-28]。

腐殖酸与有机肥配施后,不仅能够使得土壤中养分含量增加,在植物生长过程中也能不断地补充植物所需养分,促进草坪草地上部分的生长,增加植物叶片叶绿素含量,提高草坪草的质量^[29]。“腐殖酸+有机肥”处理草地早熟禾叶片中丙二醛含量为24.60

nmol/g,相比对照降低了14.93 nmol/g,超氧化物歧化酶、过氧化物酶、过氧化氢酶分别为782.35 U/g、175.20 U/g、111.01 μmol/(g·min),相比对照增加了207.96 nmol/g、60.53 U/g、25.62 μmol/(g·min),与对照相比,其他各处理也不同程度的增加或降低了植物叶片中MDA含量及POD、SOD、CAT活性。MDA是质膜过氧化的主产物之一,植物MDA含量越少,表明植物抗逆性越强,反之植物的受损程度则越大,MDA含量可体现植物的耐盐性;POD和SOD活性是反映植物抗性的重要生理指标,两者含量越高,表明抗盐碱能力越好;CAT具有催化细胞的毒性物质的作用,能够使植物细胞避免受过氧化氢的毒害,对细胞有保护作用,通常在逆境下表现较强的抗性^[30-31]。在盐胁迫下施肥能够对抗氧化酶活性产生一定的促进和调控作用,腐殖酸与其它肥料配施比单独施用更加能够增加植物CAT、POD与CAT活性,减少了MDA的含量。说明在盐碱地施加改良剂能够缓解作物生长的逆境表现,增强植物抗氧化能力、维持生物被膜稳定性和增强植物抗逆境能力,有利于植物在盐碱化环境中迅速恢复生长^[32]。试验过程中生物菌剂改良效果不佳,可能在于改良剂元素单一,加之重度盐碱地中有效菌受盐胁迫影响较大,不能够改善土壤中肥力和养分含量,对于不同盐渍程度的土壤改良,要综合考虑土壤所需各种微量元素和养料,合理选择土壤改良剂^[33]。总之施加有机改良剂更有利于盐碱土草坪草的生长,这与卢建男等研究结果一致^[34]。

目前对“腐殖酸+有机肥”改良土壤性质仍停留在实验室阶段,在生产实践上进行应用还需经过大田试验验证。同时“腐殖酸+有机肥”改良盐碱地受实地土壤类型影响较大,与供试植物材料耐盐机制也有关,因此需在较长时间尺度上连续观测植物生理生长特性,这正是本研究进一步的发展方向。

4 结论

不同处理对兰州新区绿化盐碱土化学性质、植物生理生长指标均有较好影响,其中“3 750 kg/hm²腐殖酸+13 500 kg/hm²有机肥”改良剂对重度盐渍化土壤的改良效果优于其他改良剂处理。

参考文献:

- [1] 赵英,王丽,赵惠丽,等. 滨海盐碱地改良研究现状及展望[J]. 中国农学通报,2022,38(3):67-74.
- [2] Zhao Y, Zhang Z, Li Z, *et al.* Comprehensive study on saline-alkali soil amelioration with sediment of irrigation area in northeast China[J]. *Arabian Journal of Chemistry*, 2023,16(4):104608.
- [3] 牛东玲,王启基. 盐碱地治理研究进展[J]. 土壤通报, 2002(6):449-455.
- [4] 邢莹莹,李占君,祖元刚,等. 重度盐碱地改良后土壤离子含量及粒径变化研究[J]. 植物研究, 2015, 35(5): 786-790.
- [5] Taylor A G, Warholc D T. Protecting fluid drilled lettuce from herbicides by incorporating activated carbon into gels [J]. *Journal of Horticultural Science*, 1987,62(1):31-37.
- [6] Kang H, Guo H, Congpeng W, *et al.* Biochar amendment ameliorates soil properties and promotes *Miscanthus* growth in a coastal saline-alkali soil [J]. *Applied Soil Ecology*, 2020,155:103674.
- [7] Bin-Xia X, Zhi-Qing Z, Li W, *et al.* Study of the comprehensive landscaping treatment technique of saline - alkali land in Daqing based on the network of the grading of trapezoidal terrace ditches [J]. *Desalination and Water Treatment*. 2014,52(4-6):1183-1192.
- [8] 闫洪,仲生柱,温晓亮,等. 不同改良剂对盐碱地向日葵农艺性状及产量的影响[J]. 北方农业学报,2021,49(3): 36-40.
- [9] 李传哲,章欢,姚文静,等. 生物炭配施氮肥对典型黄河故道区土壤理化性质和冬小麦产量的影响[J]. 应用生态学报,2020,31(10):3424-3432.
- [10] 白志浩,雷治兵,张智敏,等. 腐殖酸复合肥料在农作物中的应用研究进展[J]. 山东化工, 2020, 49(19): 56-58.
- [11] 陈丽楠,刘秀春,周晏起,等. 设施土壤次生盐渍化特征及修复进展[J]. 中国农学通报,2023,39(9):79-84.
- [12] 刘杰,张雄杰,盛晋华,等. 肥料类型对盐碱地蒙古黄芪生长与光合特征及药材产量和品质的影响[J]. 西北植物学报,2021,41(6):1012-1018.
- [13] 张修宁. 盐碱地土壤改良剂筛选的分析[J]. 农业与技术, 2017,37(14):27.
- [14] 刘铁军. 兰州新区盐碱地改良绿化技术研究[D]. 兰州: 兰州大学,2016.
- [15] 吴多基,姚冬辉,魏宗强,等. 化肥配施土壤改良剂对双季稻产量、经济效益及土壤化学性质的影响[J]. 广东农业科学,2019,46(12):49-55.
- [16] Fan Q, Xu C, Zhang L, *et al.* Application of milk vetch (*Astragalus sinicus* L.) with reduced chemical fertilizer improves rice yield and nitrogen, phosphorus, and potassium use efficiency in southern China[J]. *European Journal of Agronomy*, 2023,144.
- [17] 李建承,王奉军,柴宗越,等. 兰州新区土壤盐碱化治理与生态保护机制研究[J]. 农村经济与科技, 2022, 33(12):13-15.
- [18] Kim K N. Effect of Organic Soil Amendments on Establishment Vigor, Seedling Emergence, and Top Growth in Kentucky Bluegrass [J]. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 2014,32(2):133-141.
- [19] 卢秀霞,冯冰. 兰州新区盐碱地改良及园林绿化措施探究[J]. 现代园艺,2021,44(23):188-189.
- [20] 李建承,王奉军,柴宗越,等. 兰州新区土壤盐碱化治理与生态保护机制研究[J]. 农村经济与科技, 2022, 33(12):13-15.
- [21] 赵雁. 草坪学[M]. 北京:中国农业大学出版社,2017.
- [22] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社, 2000.
- [23] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [24] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [25] 冀拯宇,周吉祥,张贺,等. 不同土壤改良剂对盐碱土壤化学性质和有机碳库的影响[J]. 农业环境科学学报, 2019,38(8):1759-1767.
- [26] 张青,王煌平,栗方亮,等. 土壤调理剂对茶园土壤理化性质和茶叶品质的影响[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(9):2006-2008.
- [27] 张吉立. 有机肥对早熟禾生长和叶片色素含量的影响[J]. 廊坊师范学院学报(自然科学版), 2022, 22(1): 60-64.
- [28] 张吉立. 旅游景观园林早熟禾合理施肥试验研究[J]. 中国土壤与肥料, 2012(4):65-69.
- [29] 曹允馨,于芳芳,白梅,等. 污泥和吡啶丁酸对草地早熟禾的生长和耐旱性的影响研究[J]. 草业学报, 2018, 27(5):109-119.
- [30] 刘强,马晖玲,张锁科. 营养调控对草地早熟禾部分生理生化指标及地上生物量的影响[J]. 草原与草坪, 2015, 35(2):47-53.

- [31] 赵春旭,赵鹏,张然,等. 外源硅对NaHCO₃胁迫下草地早熟禾萌发及幼苗生长的影响[J]. 草原与草坪,2020,40(2):45-52.
- [32] 张敏,陈佳佳,杨正,等. 化肥减施配施生物有机肥对花生生长、保护酶活性及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(21):86-93.
- [33] 杨莉,勾颖,文子伟,等. 生物质炭对连作参地土壤肥力及微生物特性的影响[J]. 核农学报,2022,36(6):1244-1253.
- [34] 卢建男,张琼,刘铁军,等. 不同改良剂对盐碱地土壤及草地早熟禾生长的影响[J]. 草业科学,2017,34(6):1141-1148.

Effects of soil amendments on saline-alkali soil properties and physiological growth of kentucky bluegrass

LI Jia-yu¹, Liu Xing-he², WEI Jia-ji², SHI Yi^{1*}, ZHANG Fu¹, TIAN Qing¹

(1. College of Forestry, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2. Gansu Huayun Environmental Construction Engineering Co., Ltd., Lanzhou 730070, China)

Abstract: [Objective] In order to screen out soil amendments suitable for saline-alkali land in Lanzhou New District, this study is of great significance for improving the richness and landscape effect of greening in Lanzhou New District. [Method] A green land in Gansu Vocational College of Finance and Trade was selected as the experimental site. Pot experiment was conducted to analyze the effects of five soil amendments on soil basic physical and chemical properties and the growth indexes of bluegrass before and after planting. [Result] The five soil amendments reduced soil pH and total salt content, The number of seedling emergence, chlorophyll content, height, leaf width and cover of indicator plants were significantly higher than those of control treatment ($P < 0.05$). Four amendments (except treatment 2) reduced the content of malondialdehyde in plants, increased the contents of organic matter, hydrolyzed nitrogen and available phosphorus in soil, and the activities of peroxidase, catalase and superoxide dismutase in bluegrass leaves. [Conclusion] The combination of "3 750 kg/hm² humic acid + 13 500 kg/hm² organic fertilizer" had the best effect among the five selected salt-alkali amendments. The pH and total salt content of soil after the improvement were 7.43 and 0.31%, respectively, which decreased by 0.88 and 0.32% compared with before the improvement. Compared with CK, soil pH and total salt content decreased from 8.14 and 0.56 to 0.71 and 0.25%, respectively, and the improvement effect was better than other soil amendments.

Key words: saline-alkali land; amendments; soil property; bluegrass; physiological growth characteristics

(责任编辑:刘建荣)