

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, 2018, 46(17): 264–269. doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.17.068

# 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

汪立梅<sup>1,2</sup>, 桂 丕<sup>1</sup>, 李化山<sup>1</sup>, 裴福云<sup>1</sup>, 王茜微<sup>1</sup>, 江亚雄<sup>1</sup>, 叶宇轩<sup>1</sup>

(1. 深圳市铁汉生态环境股份有限公司, 广东深圳 518000; 2. 广东省深圳市福田区环境保护和水务局, 广东深圳 518000)

**摘要:**通过盆栽试验探讨组合改良剂与微生物菌剂联合施用对 2 种耐盐植物和天津市滨海新区盐碱地土壤的影响。结果表明:改良剂与微生物菌剂联合施用能增加耐盐植物的生物量、叶绿素含量、冠幅和株高,与单施改良剂的处理相比,BJ(改良剂 B + 微生物菌剂)处理生物量增幅为 8.29% ~ 10.77%,差异显著;并且改良剂与微生物菌剂联合施用均能增加盐碱土的阳离子交换量,降低其电导率、全盐量和碱化度;同时还能起到养土培肥的作用,增加末期土壤的有机质含量、有效磷含量。

**关键词:**组合改良剂;微生物菌剂;滨海盐碱土;耐盐植物;生物量;叶绿素含量;株高;阳离子交换量;电导率

**中图分类号:** S156.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)17-0264-05

耕地是我国最为宝贵的资源,牢牢守住耕地红线是新形势下粮食安全新战略的重要环节。我国盐碱地约有  $3.5 \times 10^7$   $\text{hm}^2$ ,其中滨海盐碱地 1 400 万  $\text{hm}^2$ ,约占全国盐碱地的 40%<sup>[1]</sup>。盐碱土土壤结构差,pH 值和含盐量高、肥力缺乏的特点,使得植物难以生长,严重制约了滨海特色农业园区和湿地公园的建设。如何开发和利用好滨海地区的盐碱地成为制约当地经济发展的一大难题。

当前应用于盐碱地的改良技术主要有灌溉排水、膜覆盖、添加改良剂等措施<sup>[2-4]</sup>。客土、灌溉排水等工程措施由于投资大、成本高、易反复,难以大面积推广。而土壤改良剂由于高效、经济、方便的特点已在盐碱地改良中被广泛应用。相关研究表明,施用钙改良剂(如磷石膏、氯化钙等)能通过降低盐碱土中交换性钠离子( $\text{Na}^+$ )含量进而有效降低碱化土的 pH 值和碱化度<sup>[5-7]</sup>。施用酸性物质(如腐殖酸、风化煤等)能与盐碱土的碱性中和,并与一些难溶盐等形成络合物,以改善土壤理化性质<sup>[8-9]</sup>。聚合有机改良剂能增大土壤总孔隙度,降低容重,加速排盐效果<sup>[10]</sup>,并且几种改良剂联合配施的效果要优于单一施用。近年来,微生物菌剂在改良盐碱地中的应用已成为研究热点<sup>[11-13]</sup>。逢焕成等研究表明,施用微生物菌剂能有效降低盐碱土的 pH 值和全盐量,并通过增加土壤的有机质含量,达到增产效果<sup>[14]</sup>。盐碱土改良的核心是通过改变土壤胶体吸附的阳离子组成,降低土壤的全盐量,而目前微生物菌剂的研究主要集中在单一应用中,但无法达到这一效果。本研究旨在通过盆栽试验探索组合改良剂与微生物菌剂联用对滨海盐碱地的改良效果,以为滨海盐碱地的改良研究提供一定的理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试土壤采自广东省珠海市金湾区红旗镇八一社区和天津市滨海新区南港工业区海岸线,土壤样品均分层(0~20、20~50、50~80 cm)取样,试验过程保持原土层结构。土壤样品的基本理化性质:珠海土样 pH 值为 7.75,电导率为 2 543  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ,全盐量为 0.92%,有机质含量为 6.15 g/kg,有效磷含量为 17.24 mg/kg,速效钾含量为 0.57 mg/kg。天津土样 pH 值为 8.20,电导率为 6 248  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ,全盐量为 2.33%,有机质含量为 15.56 g/kg,有效磷含量为 21.35 mg/kg,速效钾含量为 1.07 mg/kg。

盐碱土改良材料包括磷石膏、聚丙烯酰胺、园林废弃物腐熟二次料、微生物菌剂。其中,磷石膏由江苏省南京市秦淮区捷发矿粉厂提供;聚丙烯酰胺,阴离子型,分子量 800 万,水解度 15%~30%,由河南森森环保科技有限公司提供;园林废弃物有机肥,主要由腐熟的园林植物废弃物构成,由笔者所在公司肥料厂提供;微生物菌剂耐盐短杆菌,由笔者所在实验室筛选培育扩繁,丛枝菌根真菌由深圳市园林科学研究所提供。供试植株为肾蕨与鸢尾。

### 1.2 试验设计与步骤

**1.2.1 试验设计** 本试验选用的改良剂为前期土壤培养试验筛选出的,对滨海盐碱土具有较佳改良效果的 A 及 B,配方见表 1。微生物菌剂(以 J 表示)为耐盐短杆菌菌液(按 5 mL/kg 施加)和丛枝菌根真菌菌质载体(按丛枝菌根真菌菌质载体与土壤的体积质量比 1 mL:10 g 比例添加)。每盆土壤 6 kg,分别添加尿素 2 g、过磷酸钙 3.4 g、硫酸钾 1.8 g,以尿素补充氮肥,过磷酸钙、硫酸钾补充磷和钾。每个处理设 3 个重复,每盆种植 3 株植物。试验于 2016 年 8 月 21 日至 11 月 3 日在深圳市绿化处树枝粉碎厂进行。2016 年 8 月 23 日进行耐盐碱植物种植,并采集初期土壤样品;2016 年 11 月 3 日进行收割,同时采集末期土壤样品。种植后第 1 次浇灌量

收稿日期:2017-3-27

基金项目:广东省产业技术研究与开发资金(编号:粤发改高技术[2015]162号)。

作者简介:汪立梅(1991—),女,广东茂名,硕士,主要从事固体废物资源化利用研究。E-mail:limeiwang26@163.com。

表 1 复合改良剂与 2 种植物集成土壤改良技术试验设计

处理号	改良剂			
	磷石膏添加量 (kg/hm <sup>2</sup> )	聚丙烯酰胺添 加量(kg/hm <sup>2</sup> )	园林废弃物添 加量(kg/hm <sup>2</sup> )	菌剂添加量 (mL/kg)
CK	0	0	0	0
A	3 000	8	15 000	0
AJ	3 000	8	15 000	5
B	3 500	13	10 000	0
BJ	3 500	13	10 000	5

为每盆 300 mL,后视天气状况而定,每隔 2~3 d 浇水 1 次,每次约 200 mL,直至试验结束,试验周期为 70 d。

1.2.2 测定项目与方法 使用取土器每盆取 3 个点,装盆后进行第 1 次采样,试验结束时进行第 2 次采样。将采集的土样自然风干,过 2 mm 筛后,装入塑料袋密封保存,用于测定土壤各种指标。土壤 pH 值用 pHs-2C 型数字酸度计测定,按水土比 5 mL:1 g 的方式浸提。土壤电导率用 DDS-11A 型电导率仪测定,按水土比=5 mL:1 g 方式浸提。阳离子交换量(CEC)采用氯化钡-硫酸强迫交换法测定。土壤全盐

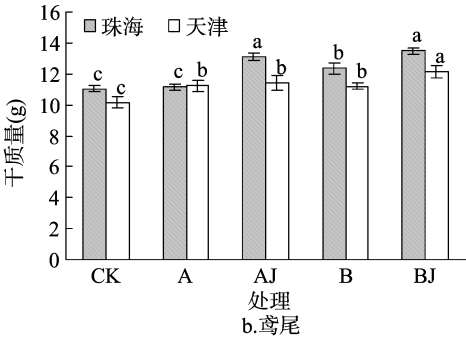
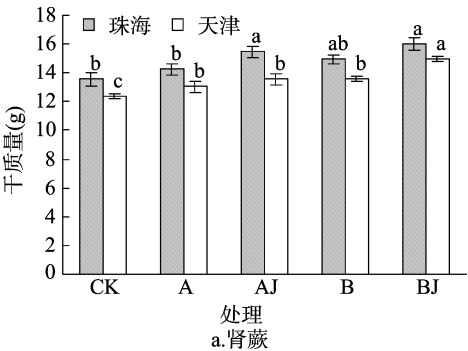
量参考朱晓涛等的方法<sup>[15]</sup>进行测定。植株收割前用 SPDA-502 型叶绿素仪测定叶绿素含量,用卷尺测定株高、冠幅,后齐土剪下,杀青烘干、称质量,测定其生物量。

1.2.3 统计方法 试验数据采用 Excel 2007、SAS 9.0 进行统计分析,多重比较采用 Duncan's 法( $\alpha=0.05$ )。

2 结果与分析

2.1 耐盐植物生长发育的影响

由图 1 可看出,添加 4 种组合改良剂均能不同程度地增加耐盐植物的生物量,促进效果因耐盐植物品种不同而不同,总体表现为 BJ>AJ>B>A。种植肾蕨处理中,珠海盐碱地 BJ 处理生物量比 CK、B 处理分别增加 18.14%、7.16%;天津盐碱地 BJ 处理生物量较 CK、B 处理分别增加 20.87%、10.17%。种植鸢尾处理中,珠海盐碱地 BJ 处理生物量较 CK、B 处理分别增加 22.17%、9.22%;天津盐碱地 BJ 处理生物量较 CK、B 处理分别增加 19.48%、8.29%。由此可见,菌剂与改良剂联合使用对促进耐盐植物的生长有更好的效果。



不同小写字母表示处理间差异显著 ( $P<0.05$ )。下图同

图 1 不同处理植株生物量的变化

由表 2 可知,各处理间冠幅、株高的规律与生物量规律大致相似。添加 4 种组合改良剂均能增加不耐盐植物的冠幅与株高,并且改良剂和添加菌剂联合施用的处理效果更好。BJ

处理珠海盐碱地种植肾蕨的冠幅、株高较 CK 处理分别显著增加 17.31%、15.90%;BJ 处理天津盐碱地种植鸢尾的冠幅、株高较 CK 处理分别显著增加 45.84%、25.89%。

表 2 不同改良剂处理对珠海、天津盐碱土耐盐植株冠幅、株高的影响

处理	土样来源	肾蕨		鸢尾	
		冠幅(cm)	株高(cm)	冠幅(cm)	株高(cm)
CK	珠海	38.88±3.51b	39.11±1.12b	14.81±1.29b	29.24±0.51b
	天津	32.41±0.64c	34.36±0.40c	10.21±0.64b	29.63±1.47c
A	珠海	41.53±2.33ab	40.36±2.45b	16.95±0.81b	31.60±1.36b
	天津	34.69±1.41bc	37.93±1.25b	12.68±0.73ab	30.10±1.22c
AJ	珠海	43.61±1.62a	43.26±1.55a	18.62±0.70a	32.11±0.84b
	天津	37.33±1.38b	39.28±0.75b	13.67±0.11a	33.86±0.91b
B	珠海	40.36±2.64b	43.69±1.48a	19.05±1.39a	35.37±0.70a
	天津	41.20±1.34a	41.52±0.85b	14.22±0.79a	36.14±1.42a
BJ	珠海	45.61±3.64a	45.33±2.23a	20.23±0.69a	36.40±0.83a
	天津	41.79±2.95a	45.48±0.44a	14.89±0.59a	37.30±1.58a

注:不同小写字母表示处理间差异显著 ( $P<0.05$ )。下同。

由图 2 可以看出,施加 4 种改良剂均能显著增加肾蕨与鸢尾叶片的叶绿素含量,并且同样以 BJ 处理效果最佳。种植肾蕨的处理当中,珠海盐碱地 BJ 处理叶绿素含量比 CK、B 处理分别增加 18.44%、5.41%;天津盐碱地 BJ 处理叶绿素含量比 CK、B 处理分别增加 8.65%、6.87%。种植鸢尾处理中,珠海盐碱地 BJ 处理叶绿素含量比 CK、B 处理分别增加 25.36%、3.71%;天津盐碱地 BJ 处理叶绿素含量比 CK、B 处

理分别增加 24.48%、3.23%。

2.2 对盐碱土盐分指标影响

2.2.1 土壤电导率 土壤电导率(EC)反映的是土壤阴阳离子的总含量,也是表征土壤混合盐分含量状况最为直观的指标。由图 3、图 4 可知,种植 2 种耐盐植物后,盐碱土的电导率随着改良时间的增加而降低,同样添加 4 种组合改良剂均能一定程度地降低盐碱土的电导率,并且添加菌剂处理的电

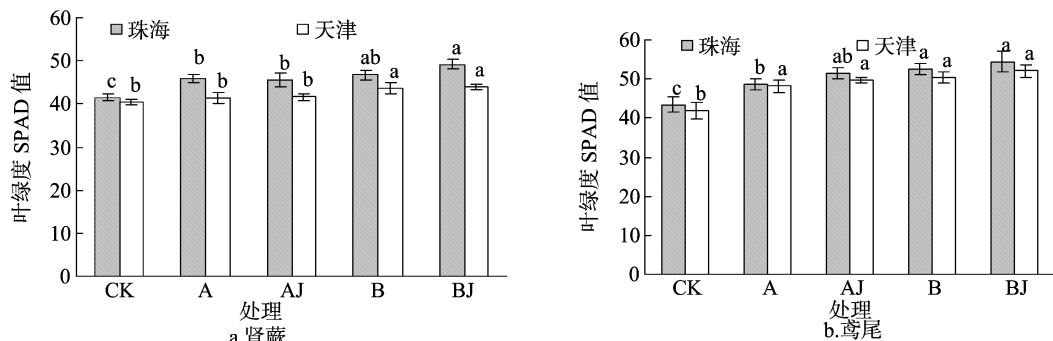
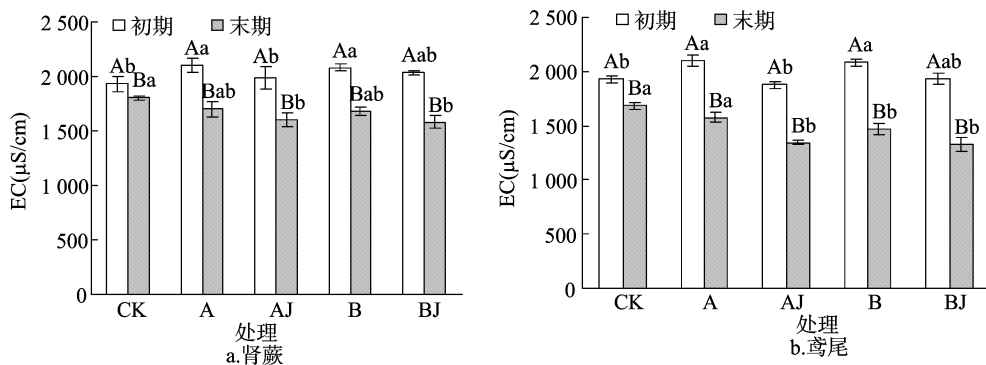


图2 不同改良剂处理对耐盐植物叶绿素含量的影响



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

图3 不同改良剂处理对珠海盐碱土 EC 含量的影响

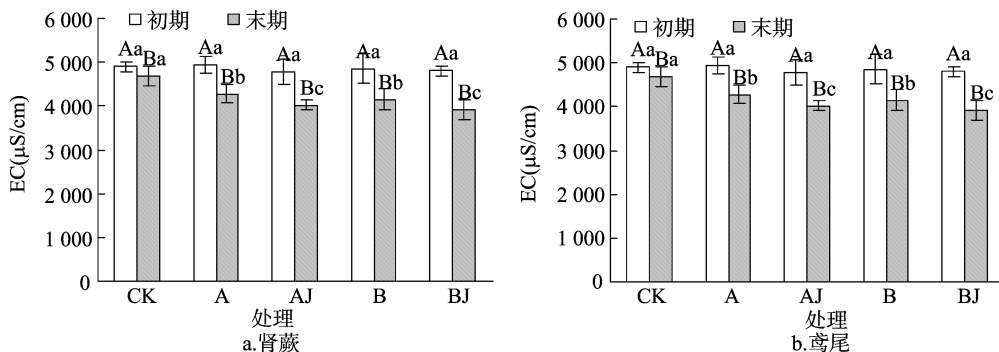


图4 不同改良剂处理集成对天津盐碱土 EC 的影响

导率降幅更大。

珠海盐碱地种植鸢尾 70 d 后, BJ 处理末期的土壤电导率比 BJ 初期、CK 末期、B 处理末期分别降低 31.14%、21.06%、9.83%。天津盐碱地种植肾蕨 70 d 后, BJ 处理末期的土壤电导率比 BJ 初期、CK 末期、B 处理末期分别降低 18.33%、16.31%、5.35%。可见, 向土壤中添加微生物菌剂可使土壤微生物活性增强, 进而使电导率值下降。

**2.2.2 土壤全盐量** 盐分含量高会抑制植物生长, 可溶性钠盐在土壤表层聚集是盐渍化土壤最明显的特性。由表 3 可知, 施用改良剂后, 种植 2 种耐盐植物的各处理土壤全盐量与 CK 相比均有不同程度的降低, 不同组合改良剂间 BJ 处理全盐量的降幅最大。其中, 珠海土壤改良初期盐渍化程度为中度, 天津土壤则为盐土(土壤全盐含量大于 1%)。珠海盐碱地种植鸢尾 70 d 后, BJ 处理末期与初期相比土壤的全盐量降幅为 30.23%; 与 CK 处理末期相比, 降幅为 17.81%。天津盐碱地种植肾蕨 70 d 后, BJ 处理末期与初期相比土壤的全盐量降幅为 16.76%, 与 CK 处理末期相比降幅为 14.92%。

通过施入 4 种组合的改良剂改善了土壤的环境特征, 使土壤坚实度提高, 土壤团聚体增加。这有利于减少土壤表面的水分蒸发, 从而减少盐离子在表面的聚集, 使含盐量降低。另外, 耐盐植物的种植也有利于对土壤表层盐分的吸收。

**2.2.3 土壤阳离子交换量** 土壤阳离子交换量是土壤的基本特性, 也是重要的肥力影响因素之一, 它直接反映了土壤保蓄、供应和缓冲阳离子( $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ )的能力, 同时也对其他的土壤理化性质有影响。因此, CEC 常被作为土壤质量的评价指标和土壤施肥、改良的重要依据。由表 4 可知, 添加 4 种改良剂均能增加各处理的土壤阳离子交换量, 且添加菌剂处理的增幅更大, 2 种植物间土壤阳离子交换量没有明显差异。从整体增幅上看, BJ 处理效果最佳。珠海盐碱地种鸢尾处理中, BJ 处理末期土壤阳离子交换量比初期增加了 32.72%, 与 CK 处理相比增幅为 45.01%, 与单施改良剂处理(B)相比增幅为 14.15%。天津盐碱地种植肾蕨处理中, BJ 处理末期土壤阳离子交换量比初期增加了 10.23%, 与 CK 处理相比增幅为 9.92%, 与单施用改良剂处理(B)相比增幅为 3.07%。

表 3 不同改良剂处理对珠海、天津盐碱土全盐量的影响

处理	土样来源	肾蕨		鸢尾	
		初期全盐量(%)	末期全盐量(%)	初期全盐量(%)	末期全盐量(%)
CK	珠海	0.82 ± 0.02Ab	0.77 ± 0.03Ba	0.82 ± 0.08Ab	0.73 ± 0.04Ba
	天津	1.89 ± 0.12Aa	1.81 ± 0.11Ba	1.88 ± 0.12Ab	1.71 ± 0.12Ba
A	珠海	0.88 ± 0.04Aa	0.74 ± 0.07Bb	0.88 ± 0.05Aa	0.69 ± 0.03Bb
	天津	1.90 ± 0.13Aa	1.66 ± 0.12Bb	1.90 ± 0.18Aa	1.55 ± 0.13Bb
AJ	珠海	0.84 ± 0.06Ab	0.70 ± 0.03Bc	0.80 ± 0.03Ab	0.61 ± 0.07Bd
	天津	1.85 ± 0.17Aab	1.57 ± 0.18Bab	1.85 ± 0.12Ae	1.45 ± 0.18Bc
B	珠海	0.87 ± 0.03Aa	0.73 ± 0.05Bb	0.87 ± 0.04Aa	0.65 ± 0.08Bc
	天津	1.87 ± 0.10Aa	1.61 ± 0.12Bb	1.87 ± 0.14Ac	1.48 ± 0.12Bbc
BJ	珠海	0.86 ± 0.07Aa	0.69 ± 0.03Bc	0.86 ± 0.08Aa	0.60 ± 0.04Bd
	天津	1.85 ± 0.12Aab	1.54 ± 0.11Bc	1.85 ± 0.12Ad	1.41 ± 0.10Bc

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。

表 4 不同改良剂处理对珠海盐碱土 CEC 的影响

处理	土样来源	CEC (cmol/kg)	
		肾蕨	鸢尾
CK	珠海	17.94 ± 0.53c	18.75 ± 0.36c
	天津	57.03 ± 1.89b	58.39 ± 1.72c
A	珠海	20.67 ± 0.12b	21.97 ± 0.22bc
	天津	57.61 ± 1.69b	60.78 ± 1.34bc
AJ	珠海	23.77 ± 0.81a	25.86 ± 0.21a
	天津	60.81 ± 1.91a	62.74 ± 1.36b
B	珠海	22.81 ± 0.32ab	23.82 ± 0.32b
	天津	60.82 ± 1.33a	62.22 ± 2.5b
BJ	珠海	25.12 ± 0.44a	27.19 ± 0.39a
	天津	62.69 ± 2.38a	65.26 ± 2.14a

土壤有机质是土壤中各种营养元素的重要来源,是植物生长的必要能源,对土壤理化性质具有重要的影响。土壤有机质能够分解各种有机酸,活化土壤溶液中的离子,有利于离子代换,释放养分,因此土壤有机质含量是评价土壤肥力的核心内容。由图 5 可知,添加 4 种组合改良剂均能显著增加珠海、天津滨海盐碱土的有机质含量。珠海盐碱地种植肾蕨处理中,BJ 处理末期土壤有机质含量与 CK 相比,增加了 2.41 倍;与 B 处理差异不显著。天津盐碱地种植鸢尾处理中,AJ 处理末期土壤有机质含量与 CK 相比增加了 2.10 倍,比 A 处理增加了 4.93%。联合改良剂中含有腐熟的二次料,提高了土壤的有机质含量,菌剂的加入也能促使土壤微生物大量繁殖,促进土壤有机质的释放。有机质的增加不仅能改善土壤理化结构,而且能增加土壤团聚粒,改善土壤肥沃度。

2.3 对盐碱土养分指标的影响

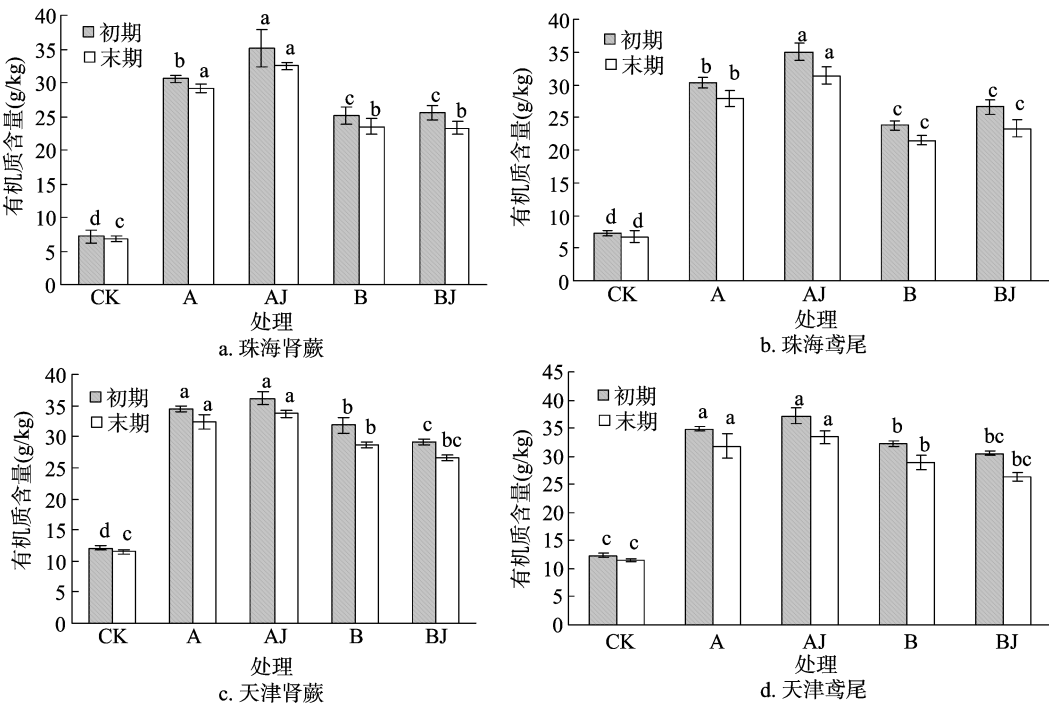


图 5 不同改良剂处理对珠海、天津盐碱土有机质含量的影响

从表 5 可以看出,添加 2 种组合改良剂及菌剂均能提高盐碱土有效磷、速效钾含量。联合施用与单一施用的处理对末期土壤有效磷、速效钾含量的影响无明显规律。对于末期土壤有效磷含量,天津盐碱地联合施用处理均高于单一施用

处理;而珠海盐碱地 BJ 处理有效磷含量低于 B 处理。对于末期土壤速效钾含量,珠海盐碱地联合处理均低于单一处理,天津盐碱地 B、BJ 处理均高于 CK。各处理有效磷、速效钾含量变化规律不一致,可能是由于添加的菌剂活化了改良剂中磷

表 5 不同改良剂处理对盐碱土末期有效磷、速效钾含量的影响

mg/kg

处理	指标	珠海		天津	
		肾蕨	鸢尾	肾蕨	鸢尾
CK	有效磷含量	22.20 ± 1.03d	23.53 ± 1.57d	8.00 ± 0.39ab	6.87 ± 0.67b
	速效钾含量	0.21 ± 0.04d	0.20 ± 0.06d	0.57 ± 0.05b	0.59 ± 0.07ab
A	有效磷含量	48.55 ± 1.32c	51.54 ± 1.46b	6.82 ± 0.86c	6.86 ± 0.66b
	速效钾含量	0.54 ± 0.05a	0.54 ± 0.08a	0.57 ± 0.04b	0.58 ± 0.04ab
AJ	有效磷含量	62.72 ± 2.41a	72.96 ± 1.81a	8.82 ± 0.37a	7.95 ± 0.95a
	速效钾含量	0.41 ± 0.04b	0.42 ± 0.03b	0.58 ± 0.05b	0.55 ± 0.05bc
B	有效磷含量	62.27 ± 3.32a	51.50 ± 3.60b	7.66 ± 0.67bc	7.08 ± 0.48b
	速效钾含量	0.30 ± 0.01c	0.31 ± 0.04c	0.61 ± 0.03a	0.59 ± 0.05ab
BJ	有效磷含量	56.15 ± 1.11b	41.99 ± 1.08c	8.38 ± 0.48ab	7.78 ± 0.91a
	速效钾含量	0.28 ± 0.02c	0.28 ± 0.02cd	0.64 ± 0.04a	0.62 ± 0.04a

石膏的钙离子,使其置换出土壤中更多的钾离子被植物吸收。

3 讨论与结论

3.1 组合改良剂与微生物菌剂联动对盐碱土的改良作用

本研究中的组合改良剂含有的磷石膏,可以通过阳离子交换改变盐碱土的离子组成,进而降低土壤的全盐量和碱化度;聚丙烯酰胺能通过改善土壤的物理性状,增强土壤的保水保肥能力,对肥料有吸附和释放作用。但两者均存在着成本高、效果单一的缺陷。添加微生物菌剂,有助于改善土壤的理化性质,增加土壤孔隙度,加快园林废弃物有机质的分解产生各种有机酸,调节土壤中的离子平衡,同时,活化土壤中的钙、镁离子,使其置换出土壤中的钠离子,从而使得盐分降低<sup>[16-17]</sup>。同时,添加的菌剂中含有耐盐短杆菌,这是一种能在含盐量较高的土壤中存活的细菌,它能提高植物的耐盐性,使作物免受盐毒害<sup>[18]</sup>。因此,微生物菌剂与 2 种组合改良剂的联合施用与单一施用组合改良剂相比效果更佳,这主要是改良剂与菌剂间相互作用的结果。

3.2 组合改良剂与微生物联合施用对耐盐植物生长的影响

盐胁迫威胁着植物产量、蛋白质合成、光合作用及能量代谢<sup>[19]</sup>。对于滨海盐碱地改良,生物改良措施尤其是筛选并种植耐盐碱植物是行之有效的办法<sup>[20-21]</sup>。鸢尾与肾蕨均是园林绿化中应用较广的植物,两者有较强的耐盐碱性。本研究结合 2 个滨海盐碱地,应用肾蕨与鸢尾,联合 2 种组合改良剂跟菌剂施用,结果表明,在滨海盐碱地种植肾蕨、鸢尾均能有效地促进土壤脱盐,并且脱盐效果为鸢尾大于肾蕨;对于天津盐碱土,CK、BJ 处理种植鸢尾末期的土壤全盐量较肾蕨处理分别降低 5.51%、8.44%。前人关于单一添加菌剂对作物和耐盐碱绿化植物的影响研究较多,如添加微生物菌剂能增加玉米、紫花苜蓿、食葵等的生物量<sup>[22-24]</sup>;但关于改良剂与菌剂联用对耐盐作物生长的影响研究较少。王金满等通过室内短期灌溉淋洗试验表明,磷石膏与微生物菌剂联合施用对盐碱土有较好的改良效果<sup>[25]</sup>。本试验表明,添加 2 种改良剂与菌剂联用均能提高肾蕨、鸢尾的叶绿素含量、冠幅、株高和生物量。原因可能是菌剂的加入改善了土壤结构,降低了土壤容重,显著增加了土壤有机质和养分含量,从而改变了耐盐碱植物的根系环境,提高其耐盐碱能力,促进了植株生长发育<sup>[26]</sup>。

3.3 组合改良剂与微生物菌剂联用对盐碱土肥力指标的影响

本试验结果表明,施用改良剂和菌剂均能在一定程度上提高滨海盐碱土的有机质、有效磷、速效钾含量,但其效果因耐盐碱植物和盐碱土而异。土壤中添加的微生物菌剂能与组合改良剂相互作用,促使土壤释放有机质,从而在一定程度上补充土壤有机质,使末期土壤有机质含量升高,同时也促进有效态氮、磷、钾的释放,起到培土增肥的作用<sup>[27-28]</sup>。土壤肥力的增加会促进耐盐植物的生长,植物生长会带走一部分养分,土壤肥力系统的相互影响会导致试验处理存在规律差异。

参考文献:

[1] 王佳丽,黄贤金,钟太洋,等. 盐碱地可持续利用研究综述[J]. 地理学报,2011,66(5):673-684.

[2] 毛文娟,李新平,安 东,等. 不同改良剂对宁夏地区盐碱土壤结构的影响[J]. 水土保持通报,2010,30(4):190-192.

[3] 王洪义,王智慧,杨风军,等. 浅密式暗管排盐技术改良苏打盐碱地效应研究[J]. 水土保持研究,2013,20(3):269-272.

[4] 郑艳艳,薛 忠,孙兆军. 盐碱地膜草覆盖、覆膜、裸地油菜对比试验研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2007,27(3):254-257.

[5] 王金满,杨培岭,张建国,等. 脱硫石膏改良碱化土壤过程中的向日葵苗期盐响应研究[J]. 农业工程学报,2005,21(9):33-37.

[6] 黄菊莹,余海龙,张俊华,等. 脱硫废弃物和专用改良剂在碱化土壤改良中的效果[J]. 土壤通报,2011,42(6):1467-1471.

[7] Chen L, Ramsier C, Bigham J, et al. Oxidation of FGD - CaSO<sub>3</sub> and effect on soil chemical properties when applied to the soil surface[J]. Fuel, 2009, 88(7):1167-1172.

[8] 朱福军,吴钦泉,谷端银,等. 不同腐殖酸配施钙、镁的土壤调理剂对盐碱土淋洗的影响[J]. 化肥工业,2016,43(5):20-26.

[9] 张伟华. 风化煤、泥炭等腐殖酸物质在改良盐碱土中的应用及前景[J]. 腐植酸,2010(1):29.

[10] 张 洋,李素艳,张 涛,等. 滨海盐碱土壤改良技术[J]. 吉林农业大学学报,2016,38(2):164-168.

[11] 赵宁亚,张 明. 微生物菌剂对盐碱土生物修复研究进展[J]. 安徽农学通报,2013,19(1-2):22-24.

[12] 宋家清,郑秀社,张庆国,等. 活性微生物菌肥对滨海盐碱土改良的影响[J]. 北方园艺,2010(18):53-55.

[13] 吴晓卫,付瑞敏,郭彦钊,等. 耐盐碱微生物复合菌剂的选育、复配及其对盐碱地的改良效果[J]. 江苏农业科学, 2015,43(6):

邓天天, 张玉珠, 马 培, 等. 不同氮磷配比对农田土壤硝化作用的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(17): 269–272.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.17.069

# 不同氮磷配比对农田土壤硝化作用的影响

邓天天, 张玉珠, 马 培, 陈 纳

(河南工程学院资源与环境学院, 河南郑州 451191)

**摘要:**以河南省许昌市某地区农田土壤为供试土样, 采用室内培养的方式, 通过设置不同氮磷比处理土样, 研究不同氮磷比在硝化作用过程中对土壤 pH 值、硝化作用时间和硝化回收率的影响。结果表明, 试验测试所用土壤铵态氮硝化类型为缓慢型, 铵态氮的减少明显快于硝态氮的增加; 氮磷配合施用处理土壤的 pH 值在开始培养时有所下降, 随后呈上升趋势; 磷酸盐的加入对土壤有一定的缓冲作用, 减缓了硝化过程中土壤 pH 值的下降, 有利于硝化作用的进行; 氮磷施肥有利于增加土壤硝化回收率, 可以有效减少硝化过程中的氮损失; 不同氮磷比对土壤硝化作用回收率影响有较大区别, N:P 分别为 3:1、1:1、1:3 时硝化回收率分别为 74.67%、90.00%、98.00%, 比加等量氮不加磷对照组分别增加 14.67、44.00、6.00 百分点; 合理的氮磷比(1:1)施肥对减少硝化作用过程中的氮损失有重要作用。

**关键词:**土壤硝化作用; 硝化回收率; 氮磷比; 土壤 pH 值; 硝化作用时间; 硝化回收率

**中图分类号:** S143.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)17-0269-04

化肥在农业生产中具有重要的增产作用。19 世纪以来, 世界化肥用量大大增加, 我国作为农业大国, 化肥用量在世界上也一直占有相当大的份额。1991—2010 年, 我国化肥使用量从 2 805.0 万 t 增加到 5 561.7 万 t, 年增长率为 3.7%<sup>[1-2]</sup>。但我国氮肥利用率只有 30%~40%, 氮肥施入土壤之后, 农作物在生长过程中能够吸收利用的比例很少, 其余大部分都会通过各种途径损失于环境中。

硝化作用是生物圈氮循环的重要因素, 硝化作用一方面

促进了铵态氮向硝态氮转化, 可以有效减少氨挥发, 增加植物对氮素的利用; 另一方面也加速了氮素损失, 导致氮肥利用率较低, 大量氮素流失<sup>[3]</sup>。农田土壤氮损失的途径主要有氮的淋溶损失、氮的径流损失、氮的硝化反硝化损失和氨挥发。没有被土壤利用的化肥还会通过地表径流、淋溶进入地表水和地下水, 造成环境问题<sup>[4-5]</sup>。反硝化作用的底物 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>主要来自硝态氮或铵态氮的转化, 微生物在厌氧或缺氧条件下将底物还原为 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、NO、N<sub>2</sub>O, 最终产物为 N<sub>2</sub>, 但中间产物也有可能被释放出来<sup>[6-8]</sup>。在淹水条件下, 反硝化作用是氮素损失的主要途径, 旱地土壤在某些微域环境中也有可能发生反硝化作用。

目前国内外对硝化反硝化作用以及氨挥发过程造成的氮

收稿日期: 2017-06-10

基金项目: 河南省教育厅项目(编号: 16A610016)。

作者简介: 邓天天(1987—), 女, 河南郑州人, 博士, 讲师, 主要从事农田土壤污染治理研究。E-mail: 280233394@qq.com。

346-349.

[14] 逢焕成, 李玉义, 严慧峻, 等. 微生物菌剂对盐碱土理化和生物性状影响的研究[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(5): 951-955.

[15] 朱晓涛, 米晓辉, 王玉萍. 两种测定土壤全盐量方法的比较[J]. 甘肃农业科技, 2010(4): 14-16.

[16] Sheng M, Tang M, Chen H, et al. Influence of arbuscular mycorrhizae on the root system of maize plants under salt stress[J]. Canadian Journal of Microbiology, 2009, 55(7): 879-886.

[17] Zhang Y F, Wang P, Yang Y F, et al. Arbuscular mycorrhizal fungi improve reestablishment of *Leymus chinensis* in bare saline-alkaline soil: implication on vegetation restoration of extremely degraded land[J]. Journal of Arid Environments, 2011, 75(9): 773-778.

[18] Abdel-Fattah G M, Abdul-Wasea A A. Arbuscular mycorrhizal fungal application to improve growth and tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants grown in saline soil[J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2012, 34(1): 267-277.

[19] Parida A K, Das A B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2005, 60(3): 324-349.

[20] 高彦花, 张华新, 杨秀艳, 等. 耐盐碱植物对滨海盐碱地的改良

效果[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(8): 43-46.

[21] 唐相亭, 金研铭. 耐盐碱植物研究进展[J]. 北方园艺, 2012(22): 181-184.

[22] 王 婧, 逢焕成, 李玉义, 等. 微生物菌肥对盐渍土壤微生物区系和食葵产量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(11): 2186-2191.

[23] 潘 峰, 刘滨辉, 袁文涛, 等. 不同改良剂对紫花苜蓿生长和盐渍化土壤的影响[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(5): 67-68.

[24] 宋燕飞, 金忠华, 孙丹丹. 盐碱胁迫下复合微生物菌剂对玉米根系性状的影响[J]. 杂粮作物, 2008, 28(3): 160-162.

[25] 王金满, 白中科, 叶驰驱, 等. 脱硫石膏与微生物菌剂联合施用对盐碱化土壤特性的影响[J]. 应用基础与工程科学学报, 2015, 23(6): 1080-1087.

[26] 逢焕成, 李玉义, 于天一, 等. 不同盐胁迫条件下微生物菌剂对土壤盐分及苜蓿生长的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(6): 1403-1408.

[27] 杜连凤, 刘文科, 刘建玲. 三种秸秆有机肥改良土壤次生盐渍化的效果及生物效应[J]. 土壤通报, 2005, 36(3): 309-312.

[28] 谷思玉, 聂艳龙, 何 鑫, 等. 生物有机肥对盐渍土改良效果评价[J]. 东北农业大学学报, 2015, 46(8): 38-43.