

有机肥对盐碱土蓖麻苗生长的调控作用

吕丽媛^{1,2} 伍玉鹏¹ 孙振钧^{1*} 毕艳孟¹

(1. 中国农业大学 资源与环境学院,北京 100193;

2. 中国农业大学 农学与生物技术学院,北京 100193)

摘要 为探索有机肥对于盐胁迫下蓖麻幼苗生长的影响,以淄蓖麻5号为试验材料,采用盆栽试验,研究2个盐碱土梯度(0.11%和0.19%)和3种有机肥(蚯蚓肥、菌肥和农家肥)对蓖麻苗的形态指标和生理指标及生物量等的影响。结果表明:盐胁迫显著抑制了蓖麻苗高、功能叶叶面积和单株干鲜重,并降低了渗透调节物质可溶性糖和丙二醛含量、POD和SOD的活性等;有机肥对蓖麻苗生长影响显著,施用蚯蚓肥的蓖麻苗的株高、地茎粗、功能叶叶面积、单株鲜干重较大,保护酶活性较大,叶绿素a、总叶绿素和类胡萝卜素含量较高;施用蚯蚓肥和菌肥的蓖麻苗根系比重较大,渗透调节物质可溶性糖、可溶性蛋白和丙二醛含量较高。有机肥尤其是蚯蚓肥对盐胁迫下蓖麻苗的生理生态都有很好调控作用,更有利于促进盐碱土上培育蓖麻壮苗。菌肥对促进壮苗也有较好作用。

关键词 蓖麻; 盐胁迫; 有机肥; 形态指标; 生理指标

中图分类号 S 963.91

文章编号 1007-4333(2013)03-0073-08

文献标志码 A

Effect of organic fertilizer on growth of castor bean seedling under saline sodic soil

LÜ Li-yuan^{1,2}, WU Yu-peng¹, SUN Zhen-jun^{1*}, BI Yan-meng¹

(1. College of Resources and Environmental Science, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract A pot experiment was conducted to explore the effect of organic fertilizer on growth of castor bean seedlings under saline sodic soil in a greenhouse. The soil had two different salt concentrations of 0.11% and 0.19%. The used organic fertilizer were vermicompost, bacterial manure and cow dung. on the measured parameters included the morphological trait, physiological indicators and biomass of castor bean seedlings. The result indicated that salt stress inhibited the height, leaf area, dry and fresh weight, and reduced the content of soluble sugar and MAD, the activity of SOD and POD. The organic fertilizer had significant effect on castor bean seedlings. Vermicompost enhanced the height, stalk diameter, leaf area, dry and fresh weight, the activity of enzyme, the content of chlorophyll a, total chlorophyll, carotenoid. Both vermicompost and bacterial manure increased the weight ratio of castor bean root, the content of soluble sugar, soluble protein and MAD. It can be included that organic fertilizer, particularly vermicompost, had more positive effect on the regulation of castor bean seedlings under saline-alkali soil, and benefit for incubating strong castor bean seedlings. The bacterial manure had the similar role in the seedling growth.

Key words castor bean; salt stress; organic fertilizer; morphological trait, physiological indicators

随着全球能源危机的到来,依靠粮食为原料的生物物质能源迅速发展起来^[1],但是由于粮食安全等问题的突显,生物物质新能源的发展模式由粮食转为

非粮生物质原料,由耕地转变为宜能非粮地^[2],这是实现粮食、生态、能源和农村经济发展多赢的战略措施。研究发现,发展可持续非粮生物质能源产业的

收稿日期: 2012-12-18

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助

第一作者: 吕丽媛,硕士研究生,E-mail:liyuan-lv@foxmail.com

通讯作者: 孙振钧,教授,博士,主要从事能源生态及土壤修复研究,E-mail:sun108@cau.edu.cn

最主要限制因素是非粮生物质原料供应^[3],而且世界上有应用前景的能源作物中以非粮作物为主^[4]。油料作物蓖麻(*Ricinus communis* L.)出油率为世界十大油料作物之首,蓖麻油特性稳定,可作为重要的化工原料,生产出3 000多种化学衍生物,广泛应用于国防和航空化工医药等各行业,堪称“油中之王”,并被称为“绿色可再生石油资源”;蓖麻浑身是宝,可以养蚕、制板和造纸入药,生产绿色蛋白饲料、农药和肥料,作为生物质原料等。可见,蓖麻作为非粮能源作物是综合利用价值很高,具有很大开发价值的生物质原料^[5]。

蓖麻的根系发达,枝高叶大,抗逆性和耐性强,管理粗放,适宜非耕地如盐碱地栽培种植^[6],蓖麻在吉林省白城盐碱地上大面积种植所取得的收益就是典型的例子^[7]。然而,随盐胁迫加重蓖麻出苗率降低,生长受限加重,叶绿素含量、净光合速率和蒸腾速率等随ECe增大而降低^[8];PS II反应中心活性降低;生物量积累明显受到盐胁迫的抑制^[9]。研究发现,在盐碱土壤中通过加强农艺技术,如盐碱地保苗

技术和配方施肥技术等,蓖麻可实现高产优质^[6,10]。盐碱地上蓖麻高产优质获得生物质能源原料的前提是培育壮苗。基于此,本试验开展不同有机肥对盐碱土上蓖麻幼苗生长的研究,通过培育壮苗,实现盐碱地蓖麻的高产优质栽培,旨在修复利用盐碱地的同时获得大量高产生物质能源原料。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于2012年在中国农业大学温室进行。有机肥为农家肥(牛粪)、蚯蚓肥(蚯蚓粪)和菌肥(卧地龙菌肥),由山东省晟康生物科技有限公司提供,农家肥和蚯蚓肥的基本性质见表1。供试土壤为山东滨州沾化县冯家镇庄科村大田盐碱土和北京上庄大田土按不同比例混合配制而成,混合土壤的基础肥力情况见表2。供试蓖麻种子为淄蓖麻5号,选择大小均匀、无病虫害蓖麻种子,用0.1% HgCl₂溶液浸种消毒15 min,再用无菌水冲洗干净,吹干表皮后备用。

表1 有机肥的基本性质

Table 1 Basic properties of the experimental organic fertility

物料 Material	含水量/% Moisture content	全氮/% Total nitrogen	全磷/% Total phosphorus	全钾/% Total potassium	有机质/% Organic matter	全 Cu 含量/ (mg/kg) Full copper content	全 Zn 含量/ (mg/kg) Full zinc content	pH
农家肥 Cow dung	65.60	2.10	1.36	2.57	63.34	89.90	255.40	7.52
蚯蚓肥 Vermicompost	51.76	1.49	1.51	1.29	37.09	3.10	20.40	7.13

表2 供试土壤情况

Table 2 Basic properties of the experimental soil

试验土壤 Soil for experiment	盐度/% Salinity	电导率/ (ms/cm) Electrical conductivity	全氮/% Total nitrogen	有效磷/ (mg/kg) Available phosphorus	有效钾/ (mg/kg) Available potassium	有机质/% Organic matter	pH
低盐碱土 Low saline-alkali soil	0.11	2.30	0.073	57.52	238.67	2.32	7.11
高盐碱土 High saline-alkali soil	0.19	3.37	0.070	66.49	264.00	2.15	6.81

1.2 设计

试验于温室内进行,采用随机区组试验。按不同比例混合盐碱土和耕作土(混合土的盐度为0.05%~0.40%)并移入蓖麻苗,根据移入蓖麻苗的成活情况,筛选出盐度为0.11%和0.19%的2种盐碱土进行下一步试验,试验发现在此盐度下,蓖麻苗能够成活但是生长相对较弱。将2种盐碱土

(0.11%和0.19%)分别与3种肥料(农家肥、蚯蚓肥和卧地龙菌肥)混匀,分别装入高20 cm,直径12 cm的花盆内,每盆土约2.0 kg,每种处理设10次重复,以保证有足够的成活苗;按等氮量0.15 g/kg土壤施用农家肥和蚯蚓肥,菌肥按公司规定施用。将盛有砂基质的育苗盘放在大托盘内,并播种蓖麻种子进行育苗,每天观察并从育苗盘底部浇水,待蓖麻

苗 2 片子叶完全展开时选择长势一致的蓖麻苗移栽入装好土的花盆内,每天定时观察并及时统一浇水等管理。

1.3 取样方法

在移苗 40 d 时测定蓖麻苗形态指标,株高、地茎粗和第 3 片功能叶叶面积,并进行破坏性取样测定蓖麻苗的地上下部鲜干重,取蓖麻功能叶经液氮速冻后置于一 80 ℃ 的冰箱保存,用于各项生理指标测定。

1.4 测定方法

1.4.1 形态指标的测定

形态指标的测定,每个处理测定 5 棵苗。株高:用米尺测定蓖麻苗地上点至顶端生长点之间的距离;地茎粗:用游标卡尺测定蓖麻苗地上 2 cm 处的地茎。功能叶叶面积:用游标卡尺测定第 3 片叶子中心最长主脉和与主脉垂直的两叶裂间最大距离,二者之积再乘以蓖麻叶面积的校正系数 1.65^[11]。

1.4.2 地上下部干鲜重的测定

地上下部干鲜重的测定,每个处理测定 5 棵苗。采用破坏性取样,分别收集每株苗的根和地上茎叶,并用蒸馏水清洗干净吸干水,在 10⁻⁴天平称重。将盛在牛皮纸袋里的蓖麻苗在 105 ℃ 的烘箱里杀青,80 ℃ 烘干称重。

1.4.3 蓖麻叶生理指标的测定

蓖麻功能叶生理指标的测定,每个处理测定 5

棵苗。测定指标和方法在参考王艳树^[12]方法基础上略有改变:可溶性糖含量采用蒽酮比色法;叶绿素含量采用丙酮法;样品液的制备:称取去叶脉的新鲜干净叶片 0.5 g,加入 5 mL 0.05 mol/L 磷酸缓冲液(pH 7.8),在预冷的研钵中研磨提取,于冷冻离心机 4 000 r/min 离心 10 min,上清液即为提取液,5 ℃ 下保存备用;用来测定以下指标,可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝 G-250 法;SOD 活性采用氮蓝四唑(NBT)法;丙二醛含量采用硫代巴比妥酸法;CAT 活性采用紫外吸收法;POD 活性采用愈创木酚显色法。

1.5 数据处理

采用 Excel 和 Spss 软件进行数据处理和分析。平均值间的比较采用单因素方差分析(one-way ANOVA);不同处理间的差异采用 LSD 多重比较检验(LSD's multiple range test);采用多因素方差分析盐碱度与有机肥的交互作用,显著性水平设定为 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果分析

2.1 对盐胁迫下蓖麻苗形态指标影响

由表 3 可以看出,盐胁迫对蓖麻幼苗的株高和功能叶叶面积影响显著,而对地茎粗和叶片数无显著影响;盐胁迫显著降低了农家肥和菌肥处理下的

表 3 有机肥对盐胁迫下蓖麻苗形态指标的影响

Table 3 Effect of organic fertilizer on the morphological trait under salt stress

形态指标 Morphological trait		苗高/cm Height of shoot	地茎粗/mm Diameter of stalk	叶面积/cm ² Leaf area	叶片数/个 Number of leaf
0.19%盐度 Salinity	菌肥 Bacterial manure	15.90 c	17.96 c	64.61 b	5.73 a
	农家肥 Cow dung	15.20 c	18.24 ab	65.62 b	5.65 a
	蚯蚓肥 Vermicompost	17.83 a	18.28 a	75.97 a	5.62 a
0.11%盐度 Salinity	菌肥 Bacterial manure	18.08 a	18.00 c	67.53 b	5.92 a
	农家肥 Cow dung	17.07 b	18.12 b	74.97 a	5.70 a
	蚯蚓肥 Vermicompost	18.35 a	18.20ab	76.27 a	5.82 a
P 值 P value	F _s	<0.001***	0.106ns	0.020*	0.291ns
	F _o	<0.001***	<0.001***	<0.001***	0.646ns
	F _{s * o}	0.001**	0.113ns	0.200ns	0.883ns

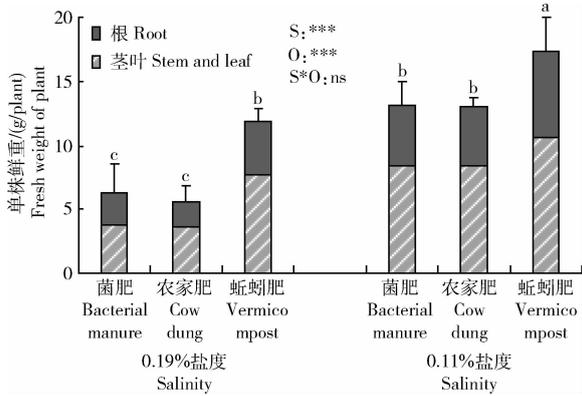
注:同列不同字母表示处理间差异显著性,差异水平为 0.05;S 代表 2 个盐度的盐胁迫,O 代表 3 种肥料,S * O 代表盐胁迫和肥料的互作效应;* 代表 $P \leq 0.05$ 水平下差异显著,** 代表 $P \leq 0.01$ 水平下差异显著,*** 代表 $P \leq 0.001$ 水平下差异显著,ns 代表在任何水平下无显著差异,下表同。

Note: In each column, values followed by different small letters indicated significant difference at 0.05 level. S represents salt stress of two salinity; O represents three kinds of fertilizer; S * O represents interaction effect of salt stress and fertilizer. * represents $P \leq 0.05$ significant difference; ** represents $P \leq 0.01$ significant difference; *** represents $P \leq 0.001$ significant difference; ns represents No significant. The same below.

株高,农家肥处理下的功能叶面积,而对其他处理无显著影响。有机肥料对除叶片数以外的指标均有显著影响,在盐度为0.11%盐碱土施用菌肥蓖麻苗的地茎粗和叶面积显著低于施用蚯蚓肥和农家肥的,而对于株高却是施用农家肥的蓖麻苗显著低于施用其他肥料的;在盐度为0.19%盐碱土施用蚯蚓肥的蓖麻苗的株高和功能叶面积显著大于施用农家肥和菌肥的,而施用菌肥的蓖麻苗的地茎粗显著小于其他有机肥下的。此外,蓖麻苗的株高受到盐胁迫和有机肥交互作用的影响显著。

2.2 对盐胁迫下蓖麻苗干鲜重的影响

由图1可以看出,盐胁迫显著影响了蓖麻苗的单株鲜重,在盐度为0.19%盐碱土中,蓖麻苗的单株鲜重较低。有机肥对蓖麻苗单株鲜重的影响显著,施用蚯蚓肥的蓖麻苗的单株鲜重均显著高于施用菌肥和农家肥的蓖麻苗单株鲜重,而施用菌肥和施用农家肥的蓖麻苗单株鲜重差异不显著。施用农家肥的蓖麻苗的茎叶鲜重占单株鲜重的比重大,与施用菌肥和蚯蚓肥的比重相比分别高5.3%、0.4%和0.7%、2.9%,而施用菌肥和蚯蚓肥的蓖麻苗的根鲜重占单株鲜重的比重大。



注:每个柱形上的字母表示处理间差异显著性,差异水平为0.05;S代表2个盐度的盐胁迫,O代表3种肥料,S*O代表盐胁迫和肥料的交互效应;*代表 $P \leq 0.05$ 水平下差异显著,**代表 $P \leq 0.01$ 水平下差异显著,***代表 $P \leq 0.001$ 水平下差异显著,ns代表在任何水平下无显著差异,下同。

Note: In each bar followed by different small letters indicated significant difference at 0.05 level. S represents salt stress of two salinity; O represents three kinds of fertilizer; S*O represents interaction effect of salt stress and fertilizer. * represents $P \leq 0.05$ significant difference; ** represents $P \leq 0.01$ significant difference; *** represents $P \leq 0.001$ significant difference; ns represents No significant. The same below.

图1 有机肥对盐胁迫下蓖麻苗鲜重的影响

Fig. 1 Effect of organic Fertilizer on castor bean fresh mass under salt stress

由图2可以看出,盐胁迫对蓖麻苗的单株干重影响显著,盐胁迫降低了蓖麻苗单株干重。有机肥对蓖麻苗的单株干重影响显著,在盐度为0.19%盐碱土中施用蚯蚓肥的蓖麻苗的单株干重显著高于施用其他肥料的单株干重;在盐度为0.11%盐碱土中施用3种肥料的蓖麻苗单株干重均有显著差异,其中施用蚯蚓肥的蓖麻苗单株干重较高,施用农家肥的蓖麻苗单株干重较低。施用农家肥的蓖麻苗的茎叶干重占单株干重的比重大,与施用菌肥和蚯蚓肥的比重相比高约6.2%、10.1%和6.1%、3.0%,而施用菌肥和蚯蚓肥的蓖麻苗的根干重比重较大。

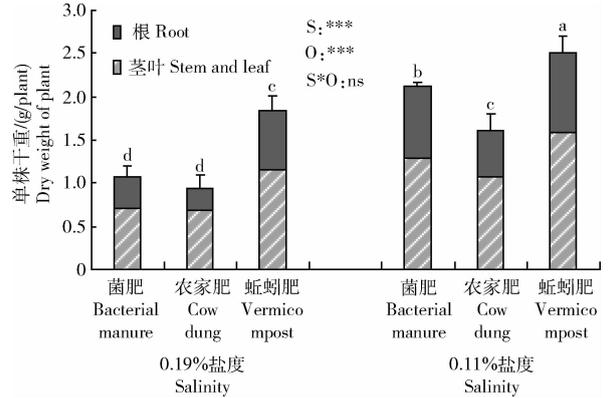


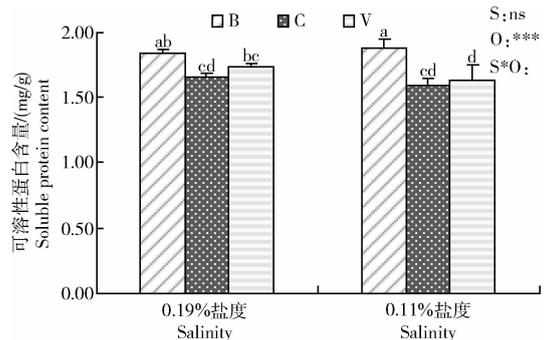
图2 有机肥对盐胁迫下蓖麻苗干重的影响

Fig. 2 Effect of organic Fertilizer on castor bean dry mass under salt stress

2.3 对盐胁迫下蓖麻苗生理指标的影响

2.3.1 对盐胁迫下蓖麻苗叶片可溶性蛋白含量的影响

由图3可以看出,盐胁迫对蓖麻苗叶片可溶性蛋白含量影响不显著。有机肥对蓖麻苗叶片可溶性



注:图中B代表菌肥,C代表农家肥,V代表蚯蚓肥,下同。Note: B represents bacterial manure, C represents cow dung, V represents vermicompost in figure, The same below.

图3 有机肥对盐胁迫下蓖麻苗叶片可溶性蛋白含量的影响

Fig. 3 Effect of organic Fertilizer on soluble protein content in castor bean leaves under salt stress

蛋白含量影响显著,施用菌肥的蓖麻苗叶片可溶性蛋白含量显著高于施用农家肥的叶片可溶性蛋白含量,在盐度为0.11%盐碱土中施用菌肥的蓖麻苗叶片可溶性糖含量还显著高于施用蚯蚓肥的;而其他处理之间影响互不显著。

2.3.2 对盐胁迫下蓖麻苗叶片可溶性糖含量的影响

由图4可以看出,盐胁迫对蓖麻苗叶片可溶性糖含量影响显著,盐胁迫显著降低了施用菌肥和农家肥的蓖麻叶片可溶性糖含量,而对施用蚯蚓肥的叶片可溶性糖含量无显著影响。有机肥对蓖麻叶片可溶性糖含量影响显著,在盐度为0.19%盐碱土中,施用蚯蚓肥的蓖麻苗叶片可溶性糖含量显著高于施用其他肥料的;在盐度为0.11%盐碱土中,施用菌肥的蓖麻苗叶片可溶性糖含量显著高于施用农家肥的,而施用菌肥与蚯蚓肥、施用蚯蚓肥与农家肥的叶片可溶性糖含量差异不显著。此外,盐胁迫和肥料交互作用对蓖麻苗叶片可溶性糖含量影响显著。

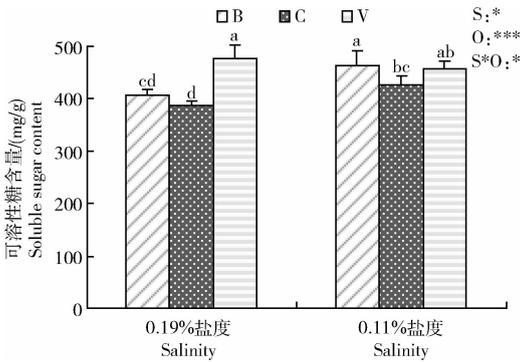


图4 有机肥对盐胁迫下蓖麻苗可溶性糖含量的影响

Fig. 4 Effect of organic Fertilizer on soluble sugar content in castor bean leaves under salt stress

2.3.3 对盐胁迫下蓖麻苗叶片丙二醛含量的影响

由图5可以看出,盐胁迫对蓖麻苗叶片丙二醛含量影响显著,盐胁迫降低了施用菌肥和农家肥的蓖麻苗叶片丙二醛含量,而对施用蚯蚓肥的蓖麻苗叶片丙二醛含量影响不显著。有机肥对蓖麻苗叶片丙二醛含量影响显著,在盐度为0.19%盐碱土中,施用蚯蚓肥和菌肥的蓖麻苗叶片丙二醛含量差异不显著,但显著高于施用农家肥的蓖麻苗叶片丙二醛含量;在盐度为0.11%盐碱土中,3种肥料对蓖麻苗叶片丙二醛含量影响显著,其中施用菌肥的叶片丙二醛含量较高,而施用农家肥的蓖麻苗叶片丙二醛含量较低。

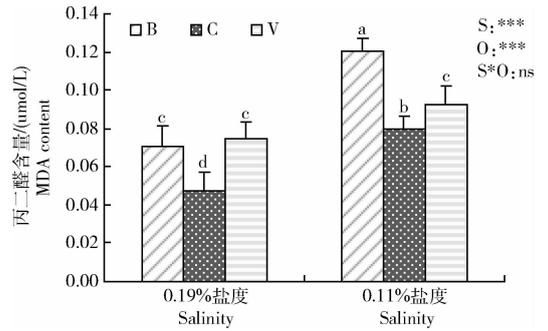


图5 有机肥对盐胁迫下蓖麻苗丙二醛(MDA)含量的影响

Fig. 5 Effect of organic Fertilizer on MDA content in castor bean leaves under salt stress

2.3.4 对盐胁迫下蓖麻苗叶片3种酶活性的影响

由图6可以看出,盐胁迫对蓖麻苗叶片SOD活性影响显著,盐胁迫降低了施用菌肥和蚯蚓肥的蓖麻叶片SOD活性,而对施用农家肥的蓖麻叶片SOD活性影响不显著。有机肥对蓖麻苗叶片SOD活性影响显著,施用菌肥和蚯蚓的蓖麻叶片SOD活性高于施用农家肥的蓖麻叶片SOD活性。

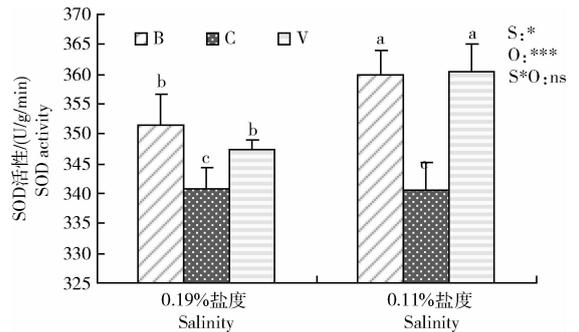


图6 有机肥对盐胁迫下蓖麻苗叶片超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响

Fig. 6 Effect of organic Fertilizer on SOD activity in castor bean leaves under salt stress

由图7可以看出,盐胁迫对蓖麻苗叶片POD活性影响显著,盐胁迫使蓖麻苗叶片POD活性降低。有机肥对蓖麻苗叶片POD活性影响显著,在盐度为0.11%盐碱土中,施用蚯蚓肥和菌肥的蓖麻叶片POD活性无显著差异,而高于施用农家肥的蓖麻苗叶片POD活性;在盐度为0.19%盐碱土中,施用蚯蚓肥的蓖麻苗叶片POD活性高于施用菌肥和农家肥的,而施用菌肥和蚯蚓肥的蓖麻苗叶片POD活性差异不显著。此外,盐胁迫和有机肥交互作用对蓖麻苗叶片POD活性影响显著。

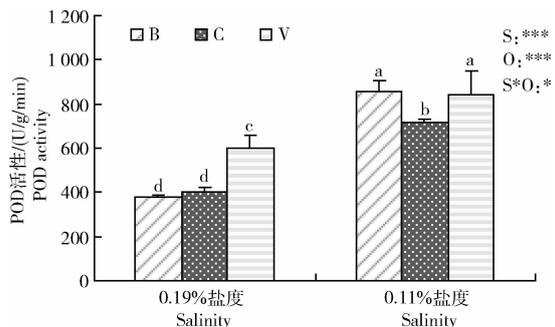


图7 有机肥对盐胁迫下蓖麻苗叶片过氧化物酶(POD)活性的影响

Fig. 7 Effect of organic Fertilizer on POD activity in castor bean leaves under salt stress

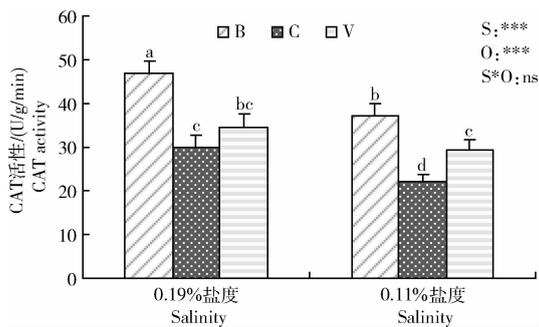


图8 有机肥对盐胁迫下蓖麻苗叶片过氧化氢酶(CAT)活性的影响

Fig. 8 Effect of organic Fertilizer on CAT activity in castor bean leaves under salt stress

由图8可以看出,盐胁迫对蓖麻苗叶片CAT活性影响显著,盐胁迫使施用菌肥和农家肥的蓖麻叶片CAT活性提高,而对施用蚯蚓肥的蓖麻叶片CAT活性差异不显著。有机肥对蓖麻苗叶片CAT活性影响显著,在盐度为0.19%盐碱土中施用菌肥的蓖麻叶片CAT活性高于施用蚯蚓肥和农家肥的;在盐度为0.11%盐碱土中,施用3种肥料的蓖麻叶片CAT活性差异显著,其中施用蚯蚓肥的蓖麻叶片CAT活性较高,施用农家肥的蓖麻叶片CAT活性较低,其他处理之间蓖麻叶片CAT活性无显著差异。

2.3.5 对盐胁迫下蓖麻苗叶片叶绿素含量影响

由表4可以看出,盐胁迫对蓖麻苗叶片叶绿体色素含量影响不显著。有机肥对蓖麻苗叶片叶绿素b含量、叶绿素a/b影响不显著,而对叶绿素a含量、总叶绿素含量和类胡萝卜素含量影响显著;在盐度为0.19%盐碱土中,施用菌肥和蚯蚓肥的蓖麻叶片叶绿素a和总叶绿素含量高于施用农家肥的,而对类胡萝卜素含量差异不显著;在盐度为0.11%盐碱土中,施用蚯蚓肥的类胡萝卜素含量高于施用农家肥的,而对叶绿素a和叶绿素总含量影响不显著。

表4 有机肥对盐胁迫下蓖麻苗叶片光合色素含量的影响

Table 4 Effect of organic Fertilizer on photosynthetic pigment content in castor bean leaves under salt stress

处理 Treatment		叶绿素 Chlorophyll(FM)/(mg/g)			叶绿素 a/b Ratio of chlorophyll a/b	类胡萝卜素 (FM)/(mg/g) Carotenoid
		叶绿素 a Chlorophyll a	叶绿素 b Chlorophyll b	总叶绿素 Total chlorophyll		
0.19% 盐度 Salinity	菌肥 bacterial manure	1.69 a	0.50 a	2.19 a	3.37 a	0.34 ab
	农家肥 cow dung	1.49 b	0.46 a	1.90 b	3.11 a	0.31 b
	蚯蚓肥 Vermicompost	1.71 a	0.51 a	2.23 a	3.33 a	0.34 ab
0.11% 盐度 Salinity	菌肥 bacterial manure	1.74 a	0.53 a	2.27 a	3.33 a	0.34 ab
	农家肥 cow dung	1.54 ab	0.47 a	2.02 ab	3.26 a	0.30 b
	蚯蚓肥 Vermicompost	1.75 a	0.53 a	2.28 a	3.29 a	0.36 a
P 值 P value	Fs	0.242 ns	0.452 ns	0.290 ns	0.753 ns	0.608 ns
	Fo	0.020*	0.162 ns	0.048*	0.119 ns	0.048*
	Fs*o	0.841 ns	0.970 ns	0.935 ns	0.841 ns	0.231 ns

3 讨论与结论

研究表明,能源作物蓖麻具有很强的抗逆性和耐盐性,但是在幼苗期对盐分胁迫较敏感,尤其是发芽30~60 d时,受到盐胁迫的蓖麻苗的根茎干物质量明显降低,光和特性也受到影响^[13]。本研究发现,蓖麻发芽50 d时,蓖麻苗高、功能叶叶面积和单株干鲜重均受到盐胁迫的显著影响;王金妹等^[9]也表示,蓖麻生物量的积累明显受到盐胁迫的影响,因为高强度盐胁迫对苗和根生长的抑制是不可逆的^[14]。这可能是在盐胁迫下由于离子毒害和渗透胁迫,使植物系统的结构和功能遭到破坏^[15]。本研究发现盐胁迫下,蓖麻叶片内可溶性糖含量和丙二醛含量下降,费伟^[16]表示盐胁迫下可溶性糖含量下降,而丙二醛含量升高;也有研究表明随盐胁迫可溶性糖含量先升高再降低,丙二醛含量升高^[12];活性氧清除系统的应激反应是植物防御盐胁迫的一条途径,但由于处理方式和作物种类或品种等不同,使盐胁迫下活性氧清除系统的变化催在很大差异,甚至出现相反的变化^[17-18],本研究结果显示盐胁迫相对降低了POD和SOD活性,提高了CAT活性。

施用生物有机肥利于促进植物生长和提高产量^[19-20],对一定强度盐胁迫下幼苗生长的抑制有缓解作用^[14],这可能是有机肥具有增加土壤养分和降低土壤盐度等作用^[21-22]。本研究发现,施用不同有机肥对蓖麻苗的形态指标和单株干鲜重影响显著,施用蚯蚓肥更利于蓖麻苗的株高、地茎粗和功能叶叶面积生长,单株鲜干重也较大,这与许多研究结果相一致,蚯蚓粪能不同程度地促进谷物、豆科植物、草莓、花卉、蔬菜及其他大田作物等的生长^[23-24],促进株高、叶面积、根干重增长与干物质积累等^[25-26];另外,施用蚯蚓肥和菌肥的蓖麻苗的根干鲜重占单株干鲜重的比重较大,而植物根系对植物有吸收、合成、输导水分和养分及固定植物体的等作用,说明蚯蚓肥和菌肥更有利于促进蓖麻根系的发育,张凯等^[27]表示地下干重可以作为壮苗的参考指标。研究还发现,施用蚯蚓肥和菌肥的蓖麻叶片可溶性糖、可溶性蛋白、丙二醛含量相对较高,而可溶性糖和可溶性蛋白是植物体内重要的渗透调节物质,丙二醛是衡量胁迫条件下植物活性氧伤害及细胞膜受伤害程度的指标^[28-30],可见施用蚯蚓肥和菌肥的蓖麻苗表现出较强的渗透调节能力;施用蚯蚓肥的蓖麻叶片3种酶活性相对较高,施用农家肥的蓖麻叶片3

种酶的活性相对较低,而维持较高的保护酶活性可以减轻盐胁迫的伤害^[31],因而蚯蚓肥可能有助于对抗氧化体系的保护或提高相关抗氧化酶活性来提高蓖麻苗的耐盐性,这与张志刚等^[32]的研究结果相一致,蚯蚓肥有助于植物抗氧化保护体系和酶系统从而提高抗逆性。光和色素尤其是叶绿素在光合作用过程中起到接受和转化能量的作用,叶绿素值得升高说明其捕获、转化光能的能力提高,本试验结果显示施用蚯蚓肥和菌肥的蓖麻叶片叶绿素a、总叶绿素和类胡萝卜素含量高于施用农家肥的,说明施用蚯蚓肥和菌肥可能引起蓖麻苗光合作用升高。

综上所述,盐胁迫抑制蓖麻苗生长,使形态指标、生物量、渗透物质及保护性酶都受到不同程度的影响;有机肥对盐胁迫下蓖麻苗生长的抑制有一定缓解作用,尤其是蚯蚓肥及菌肥对蓖麻苗的抗氧化酶活性、渗透调节、叶绿素含量、生物量及根系比重等生态特征都有很好的调控作用,从而施用蚯蚓肥及菌肥更有利于促进盐碱土上培育蓖麻壮苗。

据调查我国及全球每年有大量的畜禽粪便、沼渣等闲置或丢弃,这不仅浪费资源,更污染环境,但蚯蚓却可将其转化为绿色有机肥料蚯蚓粪。现在我国甚至世界的蚯蚓产业蓬勃发展,也已有许多大规模蚯蚓养殖厂可源源不断的提供蚯蚓肥。蚯蚓肥广泛应用于蓖麻及其他作物的栽培种植、作为盐碱地培育壮苗的有机肥等,将会为我们带来生态、社会和经济效益。

参 考 文 献

- [1] 王欧. 中国生物质能源开发利用现状及发展政策与未来趋势[J]. 中国农村经济, 2007(7): 10-15
- [2] 殷建平. 中国燃料乙醇发展潜力分析[J]. 中国石油大学学报: 社会科学版, 2007(6): 6-9
- [3] 谢光辉. 非粮生物质原料体系研发进展及方向[J]. 中国农业大学学报, 2012, 17(6): 1-9
- [4] Bassam N El. Handbook of Bioenergy crops: A complete reference to species, and development and application [M]. London and Washington DC: Earthscan, 2010: 3-28
- [5] 孙振钧, 吕丽媛, 伍玉鹏. 蓖麻产业: 从种植到利用[J]. 中国农业大学学报, 2012, 17(6): 204-214
- [6] 董伟伟. 能源植物蓖麻栽培技术的现状与发展趋势[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(6): 2290-2291
- [7] 刘海凤, 朱乃芬. 白城地区利用盐碱砂荒地发展蓖麻生产和开发蓖麻蚕的建议[J]. 北方水稻, 1990(3): 30-32
- [8] 曾小龙. 蓖麻在逆境胁迫下的抗性及耐性机制研究进展[J]. 中国农学通报, 2010, 26(4): 123-125

- [9] 王金妹,阮成江,黄明月,等. 蓖麻耐盐性的初步研究[J]. 河南农业科学,2011,40(5):67-73
- [10] 魏玉清,任贤,贝益临. 利用盐碱地种植甜高粱生产燃料乙醇的产业化前景分析[J]. 安徽农业科学,2010,38(21):11279-11282,11396
- [11] 周丽娟,牟金明,郑永照,等. 磷肥对蓖麻不同生育期光合特性的影响[J]. 中国油料作物学报,2010,32(3):408-412
- [12] 王艳树. 盐碱胁迫对蓖麻生长、生理及产量的影响[D]. 内蒙古,内蒙古民族大学,2007
- [13] Hugo Alves Pinheiroa, José Vieira Silva, Laurício Endresc, et al. Leaf gas exchange, chloroplastic pigments and dry matter accumulation in castor bean (*Ricinus communis* L.) seedlings subjected to salt stress conditions[J]. *Industrial Crops and Products*,2008,27(3):385-392
- [14] 刘海英,崔长海,赵倩,等. 施用有机肥环境下盐胁迫小麦幼苗长势和内源激素的变化[J]. 生态学报,2011,31(15):4215-4224
- [15] 杨春武,李长有,尹红娟,等. 小冰麦(*Triticum aestivum*. *Agropyron intermedium*)对盐胁迫和碱胁迫的生理响应[J]. 作物学报,2007,33(8):1255-1261
- [16] 费伟,陈火英,曹忠,等. 盐胁迫对番茄幼苗生理特性的影响[J]. 上海交通大学学报:农业科学版,2005,23(1):5-9
- [17] Zhu J, Bie Z L, Huang Y. Effect of grafting on the growth and ion concentrations fucumber seedlings under NaCl stress[J]. *Soil Science and Plant Nutrition*,2008,54:895-902
- [18] 樊怀福,郭世荣,焦彦生,等. 外源一氧化氮对 NaCl 胁迫下黄瓜幼苗生长、活性氧代谢和光合特性的影响[J]. 生态学报,2007,27(2):546-553
- [19] Guo W Q, Chen B L, Liu R X, et al. Effect of nitrogen application rate on cotton leaf antioxidant enzyme activities and endogenous hormone content under short-term waterlogging at flowering and boll-forming stage [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*,2010,21(1):53-60
- [20] 高亮,丁春明,王炳华,等. 生物有机肥在盐碱地上的应用效果及其对玉米地影响[J]. 山西农业科学,2011,39(1):47-50
- [21] Sun R L, Zhu L S, Zhao B Q, et al. Effect of long-term fertilization on soil microorganism and its role in adjusting and controlling soil fertility [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*,2004,15(10):1907-1910
- [22] 余世鹏,杨劲松,杨晓英. 不同调控措施对黄淮海平原盐碱障碍农田作物及土壤质量动态的影响[J]. 干旱区资源与环境,2009,23(8):150-154
- [23] 许永利,张俊英,李富平. 蚯蚓粪的综合利用研究现状[J]. 安徽农业科学,2007,35(23):7179-7180
- [24] Arancon N Q, Edwards C A, Bierman P. Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties [J]. *Bioresource Technology*,2006,97:831-840
- [25] 吕振宇,马永良. 蚯蚓粪有机肥对土壤肥力与甘蓝生长、品质的影响[J]. 中国农学通报,2005(12):236-240
- [26] Atiyeh R M, Lee S, Edwards C A, et al. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth[J]. *Bioresource Technology*,2002,84:7-14
- [27] 张凯,魏敏芝,陈青,等. 黄瓜穴盘苗壮苗指标的初步研究[J]. 华中农业大学学报,2004,35:240-244
- [28] Niya Li, Junfeng Guo, Peihong Wang. The characteristics of induced protein in shoots of wheat seedlings under water stress [J]. *Acta Photophysiological Sinica*,1998(1):66-71
- [29] 刘凤荣,陈火英,刘杨,等. 盐胁迫下不同基因型番茄可溶性物质含量的变化[J]. 植物生理与分子生物学报,2004(30):99-104
- [30] Mingli Xu, Xiaoyan Sun, Jiangqi Wen. Protection of salicylic acid on membrane damage by water stress[J]. *Plant Physiology Communications*,2000,36(1):35-36
- [31] 田雪梅,魏珉,刘青,等. 不同抗性砧木嫁接黄瓜幼苗对 NaCl 胁迫的生理响应[J]. 应用生态学报,2012,23(1):147-153
- [32] 张志刚,尚庆茂. 蚯蚓粪基质对茄果类蔬菜穴盘苗耐热性的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2006,37(3):404-408

责任编辑:王燕华