

秸秆对盐碱土中玉米幼苗生理生化指标的影响

邱桂俐¹, 张宏程², 高超¹, 王建丽¹, 潘多锋¹, 邢星¹, 康庆华³, 姜卫东³, 宋喜霞³, 林长水⁴, 边亚娟^{4*}

(1. 黑龙江省农业科学院草业研究所, 黑龙江哈尔滨 150086; 2. 大庆市师范学院, 黑龙江大庆 163712; 3. 黑龙江省农业科学院经济作物研究所, 黑龙江哈尔滨 150086; 4. 黑龙江生物科技职业学院, 黑龙江哈尔滨 150025)

摘要 以大庆地区盐碱土为研究对象, 通过在添加一定比例秸秆的盐碱土中种植玉米, 探讨秸秆对盐碱土的改良效果。在盐碱土及添加秸秆的盐碱土中盆栽玉米, 待三叶期时, 测定玉米幼苗叶绿素、丙二醛含量、渗透调节物质以及抗氧化酶活性的变化, 阐明秸秆对盐碱土的改良效果。结果表明, 盐碱土中添加秸秆后, 玉米幼苗叶片可溶性糖、可溶性蛋白和丙二醛含量显著降低 ($P < 0.05$); 叶绿素含量和过氧化氢酶活性的变化不显著 ($P > 0.05$)。盐碱土中添加秸秆后, 玉米幼苗通过改变细胞膜脂过氧化作用和调节渗透调节物质含量来降低盐碱伤害。

关键词 秸秆; 盐碱土; 玉米幼苗; 生理生化指标

中图分类号 S513 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)11-0066-02

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.11.017



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Straw on Physiological and Biochemical Indexes of Maize Seedlings in Saline-alkali Soil

DI Gui-li¹, ZHANG Hong-cheng², GAO Chao¹ et al (1. Pratacultural Science Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086; 2. Daqing Normal University, Daqing, Heilongjiang 163712)

Abstract Taking the saline-alkali soil in Daqing area as the research object, the improvement effect of straw on the saline-alkali soil was discussed by planting corn in the saline-alkali soil with a certain proportion of straw added. Pot maize was planted in saline-alkali soil and saline-alkali soil with straw added, and the contents of chlorophyll, malondialdehyde, osmotic regulation substances and antioxidant enzyme activities of maize seedlings were measured at the three-leaf stage, to elucidate the improvement effect of straw on saline-alkali soil. The results showed that the content of soluble sugar, soluble protein and malondialdehyde in leaves of maize seedlings decreased significantly after adding straw to saline-alkali soil ($P < 0.05$); there were no significant changes in chlorophyll content and catalase activity ($P > 0.05$). After adding straw to saline-alkali soil, maize seedlings reduced saline-alkali injury by changing cell membrane lipid peroxidation and regulating the content of osmotic regulators.

Key words Straw; Saline-alkali soil; Maize seedling; Physiological and biochemical index

盐碱地是一种重要的土地资源^[1], 黑龙江省盐渍土面积为 $2.29 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 占全省土壤总面积的 5.04%^[2]。大庆市地处黑龙江省西南部, 是黑龙江省土地盐碱化比较集中的区域之一, 大面积的盐碱土地对主要粮食作物玉米生长产生很大威胁^[3]。土壤改良剂能促进土壤团粒结构的形成, 改善土壤理化性质, 促进营养物质向根际转移, 减少土壤板结和土壤流失, 提高通透性和可耕性, 促进作物生长^[4]。该试验利用农村地区廉价、大量过剩的玉米秸秆作为土壤改良剂, 在添加加工过秸秆的盐碱土中, 通过种植玉米, 测定玉米幼苗过氧化物酶活性、过氧化氢酶活性、丙二醛、可溶性蛋白、可溶性糖以及叶绿素含量等生理生化指标的变化来评价秸秆对盐碱土壤的改良效果, 以期今后秸秆的合理利用和盐碱地改良的研究提供科学理论依据。

1 材料与方

1.1 供试材料 供试材料为黑龙江省农业科学院草业研究所提供的“龙育四号”品种的玉米种子。供试秸秆(玉米)采自黑龙江省大庆市肇州县朝阳沟地区。供试盐碱土取自大庆市肇州县朝阳沟地区, 取土深度 20 cm, 土壤 pH 为 7.93±

0.21。

1.2 试验方法

1.2.1 盐碱土壤的处理。将粉碎的秸秆与盐碱土按重量以 1:20^[5] 的比例充分混合, 将土壤装盒标记, 作为试验组; 以未添加秸秆的盐碱土作为对照组, 将土壤装在纸盒内, 标记后, 放置 4 d, 备用, 每个处理 3 次重复。

1.2.2 玉米幼苗的培养。用蒸馏水将生长状况一致的玉米清洗 3 次, 0.1% 升汞消毒 10~15 min 后用蒸馏水再清洗 3 次, 将清洗后的种子均匀铺在瓷盘中, 磁盘中放有沾水的脱脂棉, 于 28 °C 条件下暗培养 2~3 d, 待其胚根长至 1 cm 时, 将种子均匀播种在装有盐碱土的标记好的纸盒内。然后将这些纸盒放在光照培养箱中, 温度为 25~27 °C、光照强度为 4 000 lx 条件下将玉米种子培养至三叶期后, 取叶片剪碎、研磨, 测定各项生理生化指标的变化。

1.2.3 生理生化指标的测定。测定叶片叶绿素的含量用无水乙醇提取, 分光光度比色法进行测定; 过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法进行测定; 过氧化氢酶(CAT)活性采用高锰酸钾滴定法进行测定; 丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸法进行测定; 可溶性糖含量采用蒽酮比色法进行测定; 可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝染色法进行测定^[6]。每项测定进行 3 次重复。

1.3 数据处理 试验数据采用 Microsoft Excel 2010 和 SPSS 18.0 统计分析软件进行整理, 采用单因素方差分析(One-Way ANOVA)对不同处理之间玉米幼苗生理生化指标进行

基金项目 黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”专项(HNK2019CX08); 黑龙江省科研院所科研业务费(CZYF2020C007)。

作者简介 邱桂俐(1973—), 女, 黑龙江肇州人, 高级农艺师, 硕士, 从事牧草栽培和草地改良研究。*通信作者, 副教授, 博士, 从事微生物研究。

收稿日期 2021-07-23; **修回日期** 2021-09-22

显著性检验 ($\alpha=0.05$)。

2 结果与分析

2.1 秸秆添加对玉米幼苗叶绿素含量的影响 很多研究发现,植物叶片中叶绿素含量对盐碱胁迫反应比较敏感,随着盐碱胁迫程度的增加,叶绿素的含量显著降低^[7-8]。从表 1

可以看出,盐碱土中添加秸秆后,叶绿素含量增加了 6.54%, Duncan 检验结果表明添加秸秆提高玉米叶绿素含量的效果不显著。盐碱土中加入秸秆后玉米幼苗叶绿素含量增加,说明玉米所受盐碱胁迫程度有所降低。

表 1 秸秆添加对玉米幼苗生理生化指标的影响

Table 1 Effects of straw addition on physiological and biochemical indexes of maize seedlings

| 处理 Treatment | 叶绿素 Chlorophyll//mg/g | MDA $\mu\text{mol/g}$ | 可溶性糖 Soluble saccharin//mol/L | 可溶性蛋白 Soluble protein//mg/g |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 盐碱土 Saline-alkali soil | 1.07±0.07 a | 1.63±0.08 a | 6.49±0.31 a | 8.05±0.43 a |
| 秸秆+盐碱土 Straw +saline-alkali soil | 1.14±0.11 a | 1.11±0.06 b | 4.93±0.29 b | 6.13±0.35 b |

注:同列不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences ($P<0.05$)

2.2 秸秆添加对玉米幼苗膜脂过氧化作用的影响 丙二醛 (MDA) 是植物在遭遇逆境胁迫时,体内活性氧增加导致膜脂过氧化反应的发生,其最终产物丙二醛毒性很强,对生物膜的结构与功能损伤很大^[9]。由于 MDA 可以作为膜脂过氧化反应强弱的重要标志,人们往往通过测定 MDA 的含量高低就能够了解膜脂过氧化程度和植物所处盐碱胁迫的强弱。从表 1 可以看出,盐碱土中添加秸秆后,玉米幼苗叶片中 MDA 含量与对照相比降低了 31.90%,经 Duncan 检验差异显著 ($P<0.05$)。试验结果表明施用秸秆后,玉米中 MDA 含量显著降低,从而进一步说明施用秸秆后玉米在盐碱土中所受的胁迫性程度减弱。

玉米幼苗叶片中 MDA 含量与对照进行相比降低了 31.90% ($P<0.05$);原因可能是玉米体内发生了快速消除 MDA 积累的生理反应机制,对幼苗中 MDA 的消除更加及时,导致 MDA 含量显著降低,以缓解盐碱胁迫对膜脂的损害程度,保护了细胞膜的结构和功能,从而进一步说明盐碱土中添加秸秆缓解了盐胁迫对玉米所带来的伤害。张明轩等^[12]研究发现,高质量浓度的 NaCl 胁迫,MDA 含量增加;周红琴等^[13]研究表明,MDA 含量下降,原因可能是由于环境条件透水性、透气性良好,玉米幼苗本身能进行较强的呼吸作用,过氧化作用不明显,膜脂过氧化产物 MDA 并未积累反而有所降低,以上研究与该试验结果基本一致。可见盐碱土中添加秸秆后玉米幼苗可以通过降低 MDA 含量变化来缓解盐碱伤害,为玉米的正常生长发育创造有利的生长环境。

2.3 秸秆添加对玉米幼苗渗透调节物质的影响 可溶性糖和可溶性蛋白质是植物为缓解盐碱胁迫的伤害而在细胞中逐渐积累的一种渗透调节物质,其含量的高低在一定程度上可反映植物所受盐碱胁迫的程度。由表 1 可以看出,盐碱土中添加秸秆后,玉米幼苗中可溶性糖和可溶性蛋白质含量与对照相比分别下降了 24.04% 和 23.85% ($P<0.05$)。可见,施用秸秆可以有效降低盐碱土中玉米幼苗叶片可溶性糖和可溶性蛋白质的含量,表明秸秆可以降低盐胁迫对玉米幼苗的危害。

表 2 秸秆添加对玉米幼苗抗氧化酶活性的影响

Table 2 Effect of straw addition on the activity of antioxidant enzymes in maize seedlings

| 处理 Treatment | POD 酶活性 POD enzyme activity | CAT 酶活性 CAT enzyme activity |
|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 盐碱土 Saline-alkali soil | 866.31±50.46 a | 3.17±0.21 a |
| 秸秆+盐碱土 Straw +saline-alkali soil | 797.53±38.15 a | 2.86±0.19 a |

注:同列相同小写字母表示差异不显著 ($P>0.05$)

Note: The same lowercase letters in the same column indicate no significant difference ($P>0.05$)

2.4 秸秆添加对玉米幼苗抗氧化酶活性的影响 抗氧化酶系是细胞抵御活性氧伤害的重要保护性酶类,具有清除细胞内的活性氧自由基功能^[10]。CAT 和 POD 通过清除体内积累的多余自由基,有效地降低了植物体内的活性氧和其他氧化物的含量,从而减轻盐碱胁迫对植物造成的损伤。因此,植物组织中过氧化氢酶和过氧化物酶活性的高低能够反映植物抵抗逆境胁迫能力的大小。从表 2 可以看出,盐碱土中添加秸秆后,玉米幼苗 POD 和 CAT 活性均降低,经 Duncan 检验差异不显著 ($P>0.05$)。试验结果表明添加秸秆后,玉米幼苗在盐碱土中胁迫性程度降低。

在自然界长期进化中,植物由于受到多种逆境胁迫,逐渐在体内形成多种保护机制,其一是通过可溶性糖和可溶性蛋白等重要渗透调节物质来均衡植物细胞的渗透势,维持正常的生理功能。金鑫^[14]研究表明,随着盐胁迫程度在一定范围内增强,可溶性蛋白和可溶性糖含量均会增加,以维持细胞正常的渗透势,抵御盐胁迫带来的伤害。在该试验研究中,添加秸秆的盐碱土中玉米幼苗中可溶性糖和可溶性蛋白含量分别下降了 24.04% 和 23.85% ($P<0.05$)。程玲等^[15]研究发现在添加改良剂的盐碱土中棉花叶片中可溶性蛋白和可溶性糖含量均明显降低,与该试验的研究结果一致。该研究的对照盐碱土作为一种胁迫,在添加秸秆后渗透调节物质含量均有所下降,说明玉米幼苗受到的盐害有所缓解,表明

3 结论与讨论

大量研究表明,细胞膜结构和功能是盐碱胁迫对植物伤害的一个主要方面,丙二醛 (MDA) 是植物在逆境胁迫下发生膜脂过氧化的主要产物之一,常被用来作为细胞膜脂过氧化程度的指标。因此,通过测定 MDA 含量高低,可以判断膜脂过氧化作用的程度^[11]。在该试验中,盐碱土中添加秸秆后,

(下转第 73 页)

年份上略有变化,这与各个区域城市之间的经济活动密切相关。

3.2 建议 该研究从水资源负载指数与承载指数两大方面,对长江中游城市群的水资源安全格局进行了时空分析。长江中游城市群水资源本底条件良好,在时空上分配的不均匀,供水的基础设施比较薄弱,且水资源配置体系也不够完善,导致水资源的开发利用程度较低。同时工业用水利用率不高,农业用水量比重大,该地区居民的节约意识不强,为了该地区水资源的可持续发展,从以下几方面提出建议:

(1) 从水资源本底条件方面,保护水资源环境。该地区实施水资源开发利用控制红线、用水效率控制红线,严格控制污染物排放总量。开展洞庭湖及鄱阳湖水生态安全保障、洞庭湖经济区工业结构调整、三峡库区污染防治等项目。加强湿地保护与生态修复和农村河道综合治理,推动水生态文明试点城市建设。

(2) 建设城市群“绿心”。以幕阜山和罗霄山为主体,以沿江、沿湖和主要交通轴线绿色廊道为纽带的城市群生态屏障,建设城市群“绿心”。加强生态水土流失综合治理和各类开发建设项目水土保持监督管理,进而减少人为水土流失,构建生态优良、功能完善、景观优美的生态网络体系,提高城市群的水资源承载能力。

(3) 构建生态廊道。加强工业园区污水集中处理厂、入河排污口整治和城乡污水、垃圾处理设施建设,完善污水收集管网和垃圾收运体系,同时也要加大该地区的科技研发水平,进而提高工业用水利用率。加快环洞庭湖、环鄱阳湖防护林带建设,推动长江中游城市群周边地区清洁小流域建设,进一步加强革命老区水土保持重点工程建设,加强和完善农村水利设施建设,提高城市群水资源负载能力。

参考文献

- [1] 张宁宇,栗晓玲,周云哲,等.黄河流域水资源承载力评价[J].自然资源学报,2019,34(8):1759-1770.
- [2] MENG L H, YANG D W, DING Z Y, et al. Spatiotemporal variations of water resources metabolism efficiency in the Beijing-Tianjin-Hebei region, China[J]. Water supply, 2020, 20(4):1178-1188.
- [3] ZHANG X X, LIU J G, ZHAO X, et al. Linking physical water consumption with virtual water consumption: Methodology, application and implications [J]. Journal of cleaner production, 2019, 228:1206-1217.

(上接第 67 页)

秸秆可以作为—种改良剂来降低盐胁迫对玉米所造成的伤害,有利于玉米的正常生长发育。

参考文献

- [1] 王遵亲,祝寿泉,俞仁培,等.中国盐渍土[M].北京:科学出版社,1993.
- [2] 黑龙江省土地管理局,黑龙江省土壤普查办公室.黑龙江土壤[M].北京:农业出版社,1992:210-318.
- [3] 任翠梅,王殿奎,王明泽,等.大庆地区盐渍化土壤状况及盐生植物分类与评价[J].黑龙江农业科学,2009(5):56-60.
- [4] 李旭霖,刘庆花,柳新伟,等.不同改良剂对滨海盐碱地的改良效果[J].水土保持通报,2015,35(2):219-224.
- [5] 赵珊珊,李亚东,张志东,等.秸秆改良土壤对越橘叶片生理指标的影响[J].东北农业大学学报,2009,40(11):47-51.
- [6] 孔祥生,易现峰.植物生理学实验技术[M].北京:中国农业出版社,2008:257-258.
- [7] 李龙梅,王瑞刚.盐胁迫对射干和鸢尾 2 种地被植物理化特性的影响

- [4] LIU Y C, DING Q Q, CHEN M, et al. Analyses of runoff and sediment transport and their drivers in a rare earth mine drainage basin of the Yangtze River, China[J]. Water, 2020, 12(8):1-16.
- [5] 田培,王瑾钰,花斌,等.长江中游城市群水资源承载力时空格局及耦合协调性[J].湖泊科学,2021,33(6):1871-1884.
- [6] 孟丽红,陈亚宁,李卫红.新疆塔里木河流域水资源承载力评价研究[J].中国沙漠,2008,28(1):185-190.
- [7] 黄楚珩,蒋志云,杨志广,等.基于熵值法和层次分析法的广东省水资源安全评价及影响因素分析[J].水资源与水工程学报,2019,30(5):140-147.
- [8] 陈林,牟凤云,李梦梅.基于可拓云模型的区域生态安全预警模型及应用:以垫江县为例[J].科学技术与工程,2019,19(35):402-408.
- [9] 薛昱,杜红艳.基于可拓云模型的区域水安全评价[J].科学决策,2020(12):73-98.
- [10] 张志君.第八师石河子市水生态安全评估[J].水利技术监督,2021(7):121-124,130.
- [11] 张志君,陈伏龙,龙爱华,等.基于可拓云模型的干旱区水资源安全评价:以石河子垦区为例[J].干旱区研究,2020,37(4):847-856.
- [12] 畅明琦.水资源安全理论与方法研究[D].西安:西安理工大学,2006.
- [13] 畅明琦,刘俊萍.水资源系统的弹性及其安全机理分析[J].中国安全科学学报,2008,18(4):28-36.
- [14] 陈登帅,李晶,张渝萌,等.延河流域水供给服务供需平衡与服务流研究[J].生态学报,2020,40(1):112-122.
- [15] 鲍超,邹建军.基于人水关系的京津冀城市群水资源安全格局评价[J].生态学报,2018,38(12):4180-4191.
- [16] 黄乾,彭世彰,田守岗,等.模糊物元模型在区域水安全评价中的应用[J].河海大学学报(自然科学版),2007,35(4):379-383.
- [17] 刘友存,邹太平,尹小玲,等.HSPF 模型在流域水文与水环境研究中的进展[J].冰川冻土,2021,43(1):225-232.
- [18] 拜亚丽.基于熵权的集对分析法在水环境质量评价中的应用[J].地下水,2018,40(5):70-72,195.
- [19] 陆建忠,崔肖林,陈晓玲.基于综合指数法的鄱阳湖流域水资源安全评价研究[J].长江流域资源与环境,2015,24(2):212-218.
- [20] 宋培争,汪嘉杨,刘伟,等.基于 PSO 优化逻辑斯蒂曲线的水资源安全评价模型[J].自然资源学报,2016,31(5):886-893.
- [21] 高媛媛,王红瑞,许新宜,等.水资源安全评价模型构建与应用:以福建省泉州市为例[J].自然资源学报,2012,27(2):204-214.
- [22] 刘斌涛,陶和平,孔博,等.云南省水资源时空分布格局及综合评价[J].自然资源学报,2014,29(3):454-465.
- [23] BAO C, FANG C L. Water resources flows related to urbanization in China: Challenges and perspectives for water management and urban development [J]. Water resources management, 2012, 26(2):531-552.
- [24] COOK C, BAKKER K. Water security: Debating an emerging paradigm [J]. Global environmental change, 2012, 22(1):94-102.
- [25] 王兆峰,王梓瑛.长江中游城市群环境规制对旅游产业生态效率的影响及空间分异研究[J].生态学报,2021,41(10):3917-3928.
- [26] 朱政,朱翔,李霜霜.长江中游城市群空间结构演变历程与特征[J].地理学报,2021,76(4):799-817.
- [27] 乔标,方创琳.城市化与生态环境协调发展的动态耦合模型及其在干旱区的应用[J].生态学报,2005,25(11):3003-3009.

[J]. 中国农学通报,2012,28(7):181-184.

- [8] 崔卓越,徐皓,田爱梅.盐胁迫对紫丹参生长及生理特性的影响[J].安徽农业科学,2021,49(24):70-74.
- [9] 赵秀娟,韩雅楠,蔡祿.盐胁迫对植物生理生化特性的影响[J].湖北农业科学,2011,50(19):3897-3899.
- [10] 马彦军,曹致中,李毅.PEG 胁迫对尖叶胡枝子幼苗 SOD 和 POD 同工酶的影响[J].草原与草坪,2010,30(1):64-67.
- [11] 王玉凤,薛盈文,杨克军.磷对盐胁迫下玉米幼苗脂质过氧化特性及抗氧化酶活性的影响[J].玉米科学,2021,29(2):69-74.
- [12] 张明轩,黄苏珍,绳仁立,等.NaCl 胁迫对马蔺生长及生理生化指标的影响[J].植物资源与环境学报,2011,20(1):46-52.
- [13] 周红琴,米瑞宏,陈莉,等.乙醇对玉米幼苗的生理生化指标的影响[J].农业开发与装备,2019(9):130,132.
- [14] 金鑫.5-氨基乙酰丙酸(5-ALA)对 NaCl 胁迫下玉米幼苗生理生化指标及基因组 DNA 甲基化的影响[D].长春:吉林农业大学,2019.
- [15] 程玲,邱永福,李显裕,等.土壤改良剂对盐胁迫下棉花生长及与耐盐有关的几个生理生化指标的影响[J].东北农业大学学报,2010,41(11):22-27.