

不同浓度盐碱胁迫对水稻生长发育及产量的影响

朱明霞,高显颖,邵玺文*,金峰,耿艳秋,王帅

(吉林农业大学农学院,长春 130118)

摘要:以长白9号水稻为试验材料,采用盆栽法,研究不同浓度盐碱胁迫对水稻生长发育及产量的影响。结果表明,不同浓度盐碱胁迫下,水稻分蘖动态、叶面积、干物质积累量和产量均出现不同程度下降。当土壤含盐量为2.20时,处理A的分蘖数、叶面积、干物质积累和产量与CK差异均不显著,当土壤含盐量>2.20时,差异显著。说明当土壤含盐量为2.20, pH为7.92,电导率为200.13 us/cm时,可作为苏打盐碱地水稻种植及土壤改良与综合利用的重要参考指标。

关键词:盐碱胁迫;水稻;生长发育;产量

中图分类号:S511.01

文献标识码:A

Effect of Different Concentrations of Saline-Alkali Stress on Growth and Yield of Rice

ZHU Ming-xia, GAO Xian-ying, SHAO Xi-wen*, JIN Feng, GENG Yan-qiu, WANG Shuai

(College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: Taking Changbai 9 as experiment material, effect of different concentrations of saline-alkali stress on growth and yield of rice was studied in the paper. The results showed that a decrease tendency with different degree in dynamics of rice tillering, leaf area, dry matter accumulation and yield of rice in different concentrations of saline-alkali stress. Compared with CK, there were no significant differences on tillering, leaf area, dry matter accumulation and yield when soil salt content was 2.20, but there were significant differences when soil salt content was more than 2.20. So that it can be used as an important reference index for rice planting of saline-alkali soil, soil improvement and comprehensive utilization when soil salt content was 2.20, pH was 7.92 and electrical conductivity was 200.13 us/cm.

Key words: Saline-Alkali Stress; Rice; Growth; Yield

土壤盐碱化是一个全球性问题。目前全世界盐渍化土地面积达到近10亿 hm^2 ^[1],我国盐渍化土地面积近1亿 hm^2 ,其中吉林省西部处于松嫩平原中西部低洼易涝盐碱地与风沙地交错分布区,是中国土地盐碱化最严重的地区之一,各类盐碱土总面积为170万 hm^2 ,占西部地区总面积的8%,是

该地区重要的具有开发潜力的土地资源。土壤盐碱化是限制盐碱稻作区水稻生产稳定发展的主要因素^[2],苏打盐碱土的特点是土体中含有大量 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 ,pH值高,致使水稻抽穗延迟,严重影响水稻的正常生长发育。前人对水稻抗盐碱的研究多在单因子人为控制条件(水培、沙培、人工模拟)下进行,针对以氯化钠为主的滨海盐碱土^[3]以及水稻与 NaCl 中性盐的相互作用,也有对以 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 为主要盐碱成分的内陆苏打盐碱土的研究^[4]。通过土壤改良^[5-7]可以使盐碱地土壤含盐量减少,pH值降低,但改良到适合水稻生长的具体数值,可参考的数据较少。本研究以长白9号水稻为材料,研究不同浓度盐碱胁迫对水稻生长发育和产量的影响,为苏打盐碱地水稻生产及盐碱地改良提供理论依据。

收稿日期:2014-05-21

基金项目:吉林省科技支撑计划重大科技攻关专项(20130204036 NY); 十一五 国家科技支撑计划重点项目(2009BAD B3B03);吉林省产业技术创新战略联盟项目(201305035 NY);吉林省现代农业产业技术体系项目(2014007);吉林省农业综合开发科技示范项目(2014-2016)

作者简介:朱明霞(1987-),女,在读硕士,研究方向为作物高产理论与技术。

通讯作者:邵玺文,男,博士,教授,E-mail: shaoxiwen@126.com

1 材料和方法

1.1 供试材料与试验地点

以吉林省西部松嫩平原自然盐碱土和吉林农业大学试验地自然黑土作为供试土壤。供试材料为吉林省农业科学院选育的耐盐碱水稻品种长白9号,生育期130 d。试验于2012~2013年在吉林农业大学农业现代化所进行,地理坐标为E 125°21',N 43°52',位于东部山区湿润气候向西部半干旱气候过渡带上,属于温带大陆性半湿润季风气候类型。年平均气温4.7℃,平均最高温度28.3℃,平均最低温度-22.4℃,日照时间2688 h。

年平均降水量654.3 mm,夏季降水量占全年降水量的67%,年蒸发量1392.5 mm,≥10℃活动积温为2840~3040℃·d,无霜期145~150 d。

1.2 试验设计

试验以苏打盐碱土与自然黑土按比例配制不同浓度盐碱土(土壤化学性质见表1)。采用盆栽法,于5月23日插秧,每盆3穴,每穴3株。设置11个处理(表1),随机排列,6次重复,施肥时期与施肥量:基肥为撒可富复合肥(18-18-18)8 g/盆,于分蘖初期、拔节孕穗期追施尿素1 g/盆。在分蘖后期,盐碱胁迫重的水稻逐渐死亡,所以在全生育期,只测定了7个处理的指标。

表1 供试土壤化学性质

	自然土: 盐碱土	pH	电导率 (us/cm)	Na ⁺ (mg/kg)	Mg ²⁺ (mg/kg)	CO ₃ ²⁻ (mg/kg)	HCO ₃ ⁻ (mg/kg)	交换性Na ⁺ (cmol/kg)	含盐量 (%)	有机质 (g/kg)
CK	10:0	7.23	52.01	51.77	8.32	0.00	146.40	2.73	1.10	20.60
A	9:1	7.92	100.13	138.41	8.54	0.00	205.20	3.43	2.20	20.51
B	8:2	8.53	330.07	586.09	10.63	43.20	1054.08	4.46	3.30	17.63
C	7:3	8.72	383.11	688.61	14.00	54.00	1251.72	5.77	4.30	17.50
D	6:4	9.09	491.02	948.82	22.63	72.00	2415.60	8.39	5.40	16.00
E	5:5	9.28	569.07	1225.00	41.22	90.00	2891.40	10.84	6.50	16.11
F	4:6	9.57	700.21	1392.23	40.11	396.00	3001.20	12.83	7.60	13.90
G	3:7	9.79	771.09	1534.58	29.74	540.00	2049.60	15.36	8.70	13.43
H	2:8	10.03	907.06	1751.70	26.72	702.00	2474.16	16.77	10.90	11.90
I	1:9	10.29	1056.16	2137.11	22.46	1036.80	3733.20	17.66	11.20	11.30
J	0:10	10.60	1361.08	2363.65	22.80	1224.00	3001.20	19.16	12.60	9.80

注:含盐量3%以下为轻度盐渍化土壤,含盐量3%~5%为中度盐渍化土壤,含盐量5%以上为重度盐渍化土壤^[8]

1.3 测定项目及方法

水稻缓苗后,选长势均匀的3株于分蘖期、拔节期、抽穗期、灌浆期和成熟期调查茎蘖数。并于分蘖期、孕穗期、开花期、灌浆期、成熟期调查叶面积,手工量取叶片中脉长度和叶片最大宽度,水稻叶面积按公式:S=长×宽×系数(系数按0.75计)计算。并将植株分成茎、叶、叶鞘、穗,置于105℃烘箱中杀青30 min,再于75℃烘干至恒重,分别称其干重。水稻成熟后每个处理进行考种测产。测定项目主要有每盆有效穗数、穗粒数、千粒重等。

1.4 数据处理和统计

数据用Excel和DPS分析统计。由于两年数据趋势基本一致,以2012年数据为准。

2 结果与分析

2.1 盐碱胁迫对水稻分蘖的影响

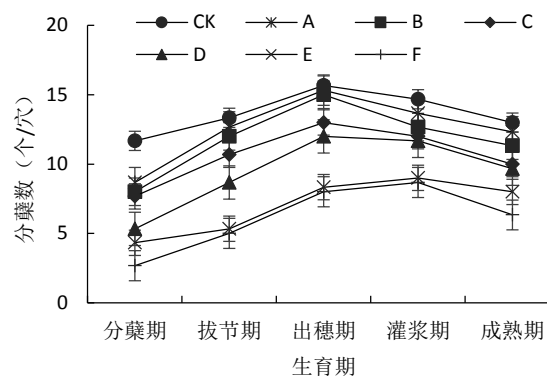


图1 盐碱胁迫对水稻分蘖的影响

由图1可知,各个处理水稻的茎蘖数在全生育期的变化趋势呈单峰曲线,在开花期出现最大值,之后缓慢下降。同一生育期,随着盐碱胁迫的增加,水稻的分蘖数呈逐渐降低的趋势。当土壤含盐量为1.10 (CK)时,分蘖数最多,处理A(含盐量为2.20)比CK低8.57%,差异不显著。当土壤含盐量为3.30(处理B)~4.30(处理C)时,处理B比CK低31.45%,差异达显著水平;处理C比CK低34.28%,差异达显著水平。处理C比处理B低4.13%,差异不显著,说明当土壤含盐量为3.30(处理B)~4.30时,对水稻分蘖具有相同的影响结果。当土壤含盐量进一步增

加,>5.00时,处理D、E、F对水稻分蘖具有相同的影响结果。土壤含盐量在不同的范围对水稻的分蘖具有不同的影响。

2.2 盐碱胁迫对水稻叶面积的影响

叶面积是光合作用的基础,适宜的叶面积对产量形成至关重要。从表2可知,分蘖期随着盐碱浓度的增加,水稻叶面积呈逐渐降低的趋势,即CK>A>B>C>D>E>F。其中,在分蘖期处理A比CK低6.76%,差异不显著;处理B比CK低36.11%,差异达极显著水平($p<0.01$);处理C比CK低39.01%,差异达极显著水平($p<0.01$);随着盐碱胁迫的增强,叶面积减小越多。

表2 盐碱胁迫对水稻叶面积的影响

	分蘖期	拔节期	开花期	灌浆期	成熟期
CK	206.37±35.41aA	1514.04±11.19aA	1627.23±15.19aA	839.53±5.14aA	449.06±16.71aA
A	192.42±42.64abAB	1153.54±9.65 abAB	1363.24±5.62 abAB	795.89±12.49 abAB	422.79±13.23 abAB
B	131.86±12.64bB	833.94±8.17bB	845.61±7.02cC	622.63±9.62cC	385.87±11.74cC
C	125.87±4.80bcB	670.70±13.25bcBC	782.38±15.48 cC	513.25±11.34 cC	113.90±6.70cdCD
D	99.94±3.33dC	384.31±8.09dD	423.23±20.64 dD	409.00±8.62eE	81.23±3.60eE
E	55.87±6.06dC	363.63±10.17deD	374.93±23.00fF	194.29±10.97fF	35.99±6.32fF
F	51.24±12.68dC	240.95±17.86deE	256.57±16.49gG	79.25±6.62gG	24.59±4.08fF

注:同列数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),标不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$),下同

2.3 盐碱胁迫对水稻地上部干物质的影响

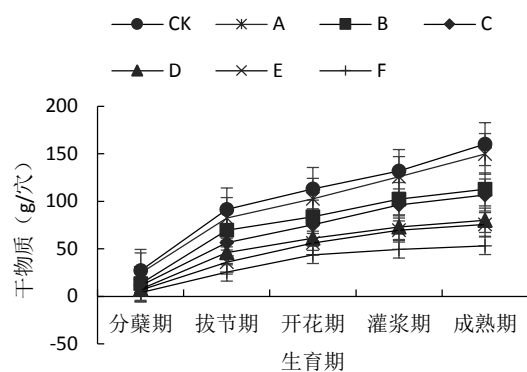


图2 盐碱胁迫对水稻干物质的影响

随着水稻的生长,水稻干物质逐渐积累,在全生育期呈逐渐增加的趋势(图2)。同一生育期,不同浓度盐碱胁迫下,随着盐碱浓度的增加呈现

逐渐降低的趋势。分蘖期处理A比CK低9.86%,差异不显著;处理B比处理A低45.15%,差异达极显著水平($p<0.01$);处理D(土壤含盐量为5.40)、处理E(土壤含盐量为6.50)和处理B、C差异均达极显著水平($p<0.01$)。

2.4 盐碱胁迫对水稻产量的影响

千粒重、有效穗数、穗粒数、结实率是构成产量的几个因素,由表3可知,构成产量的这几个因素随盐碱浓度的增加而呈递减趋势,表现为CK>A>B>C>D>E>F。当土壤含盐量为2.20(处理A)时,处理A产量比CK低5.34%,差异不显著。当土壤含盐量>2.20时,千粒重、有效穗数、穗粒数、结实率受到影响,下降显著,导致水稻的产量下降显著。

表3 2012年盐碱胁迫对水稻产量的影响

	千粒重(g)	有效穗数/m ²	粒数/穗	结实率(%)	产量(kg/hm ²)
CK	25.11±1.07aA	477.71±84.26aA	79.26±2.70aA	95.42±1.42 aA	9071.97±651.49aA
A	24.65±1.27aA	445.22±48.09abAB	72.82±8.90aA	94.92±0.79 aA	8587.42±863.01abAB
B	23.82±1.30aA	382.17±63.69cBC	71.75±4.34aA	80.66±0.30 bB	6182.75±580.73bB

续表 3

	千粒重(g)	有效穗数/m ²	粒数/穗	结实率(%)	产量(kg/hm ²)
C	19.51±1.10bB	382.17±63.69cBC	64.31±6.05aAB	73.92±0.57 bB	4544.45±433.33 cBC
D	17.52±1.54bB	318.47±63.69dCD	54.73±11.87bBC	48.31±7.03 cC	1475.25±430.92dCD
E	13.57±2.50cC	305.73±45.15 deD	53.84±4.02bBC	26.49±4.33 dD	556.58±126.47deD
F	6.64±2.20dD	233.55±48.65eD	43.74±3.02bC	15.41±1.58eE	104.47±30.32eD

3 讨论与结论

吉林省西部盐碱化土壤属于苏打碱化土壤,显著特点就是含有大量严重危害作物生长的Na₂CO₃和NaHCO₃,pH值高,土壤处于强碱性环境,严重影响作物的生长发育;其交换性钠含量也高,土壤板结,通气透水性较差,影响作物生长。

关于盐碱胁迫对水稻生长发育方面的影响,已取得大量研究结果^[9-10]。在本研究中,盐碱胁迫使水稻分蘖数、叶面积、干物质积累量和产量呈不同程度下降。张瑞珍、梁正伟^[11-12]等认为盐碱胁迫下水稻分蘖高峰明显推迟或不出现分蘖高峰,分蘖数减少。试验结果表明,CK分蘖数最多,CK与处理A差异不显著,说明处理A的盐碱浓度对水稻的分蘖没有影响;水稻长白9号耐盐碱性强,在土壤pH<8.5的条件下表现正常^[13]。但水稻品种的耐盐碱性是相对的,超过品种的忍耐程度就会对水稻产生伤害。当土壤pH>8.5时,处理B与处理A差异显著,随着盐碱胁迫的增加,不同盐碱浓度处理的水稻分蘖数呈逐渐降低的趋势,这与前人研究结果一致;周玲艳、惠菲等^[14-15]认为NaCl胁迫导致作物叶面积下降。本研究表明,分蘖期随着盐碱浓度的增加,水稻叶面积呈逐渐降低的趋势,CK与处理A差异不显著,这与前人研究结果一致。分析其原因可能是叶面积减小导致光合速率降低,进而导致产量下降;水稻产量是植株干物质积累、分配、运输与转化的结果。马均^[16]和敖和军^[17]研究认为抽穗至成熟阶段干物质的积累量与水稻产量密切相关;张瑞珍^[11]认为盐碱胁迫,导致水稻产量下降,水稻干物质和产量呈正相关,干物质下降,导致产量下降,本试验结果与其一致。苏打盐碱土具有可溶性盐含量高,pH值高,交换性Na⁺含量高等特点,超过一定程度的盐碱胁迫会影响水稻的幼穗分化和小穗的形成,显著降低穗粒数及穗重,导致产量下降。本研究结果表明,随着盐碱胁迫的增加,水稻干物质重呈下降的趋势,处理A与CK差异不显著,处

理B与处理A差异显著,说明随着盐碱浓度的增加,对水稻干物质影响差异显著。同时水稻的有效穗数、千粒重、穗实粒数随着盐碱胁迫的增强而降低,导致产量下降。处理A产量比CK低5.34%,差异不显著。

综上所述,处理A(含盐量为2.20,pH为7.92)的分蘖数、叶面积、干物质积累量、产量比CK(自然土)略低,但差异并不明显,说明土壤含盐量在1.10~2.20,pH在7.23~7.92范围内时,水稻产量、干物质积累量、分蘖动态、叶面积和CK(自然土)差异不显著。当土壤含盐量>2.20时,下降显著。因此该指标可作为苏打盐碱地水稻种植及土壤改良与综合利用的重要参考。鉴于吉林省西部丰富的盐碱地资源,本研究为土壤改良提供理论数据,对实现水稻增产和保障粮食安全具有重要意义。

关于苏打盐碱胁迫对水稻生长发育及产量形成机制的影响已有大量研究^[18],但由于盐碱类型及生态环境条件、试验手段等诸多因素的差异,结果不尽相同。因此,对苏打盐碱土影响水稻生长发育及产量形成的生理生化机制还有待于进一步深入探讨。

参考文献:

- [1] 张 葛. GLS 改碱剂对盐碱土的改良作用[D]. 吉林农业大学, 2008.
- [2] 宋冬明, 贺 梅, 李春光. 水稻耐盐研究进展及展望[J]. 北方稻米, 2013, 43(1): 74-77.
- [3] 韩朝红, 孙谷畴, 林植芳. NaCl对吸胀后的水稻种子发芽和幼苗生长的影响[J]. 植物生理学通讯, 1998, 34(5): 339-342.
- [4] 杨 福, 梁正伟, 王志春, 等. 苏打盐碱胁迫对水稻不同生育时期各器官干物质积累的影响[J]. 农业系统科学与综合研究, 2007, 23(3): 372-376.
- [5] 王 彬, 肖国举, 杨 涓, 等. 燃烧烟气脱硫废弃物施用对碱化土壤种植甜高粱的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(6): 206-211.
- [6] 高玉山, 朱知运, 等. 石膏改良苏打盐碱土田间定位试验研究[J]. 吉林农业科学, 2003, 28(6): 26-31.

- [7] 郭 丽 . 重度盐碱土改良剂配方及改良效果的研究[D]. 吉林农业大学 ,2007 .
- [8] 杨富亿 . 盐碱湿地及沼泽渔业利用[M]. 北京 :科学出版社 ,2000 :20-22 .
- [9] 范丽丽 . 氮素添加纳米碳对盐碱地水稻生长及生理生态特性影响[D]. 吉林农业大学 ,2012 .
- [10] 崔曾杰 . 生物菌肥对盐碱地水稻生长发育及生理生态特性影响[D]. 吉林农业大学 ,2013 .
- [11] 张瑞珍 . 盐碱胁迫对水稻生理及产量的影响[D]. 吉林农业大学 ,2003 .
- [12] 梁正伟 ,杨 福 ,王志春 ,等 . 盐碱胁迫对水稻主要生育性状的影响[J]. 生态环境 ,2004 ,13(1) :43-46 .
- [13] 李 彻 . 吉林省水稻育种取得突破长白9号种植面积超过外引品种[J]. 中国稻米 ,1995(6) :22 .
- [14] 周玲艳 ,谢 琦 ,秦华明 . NaCl 处理对不同水稻品种生长和生理特性的影响[J]. 广东农业科学 ,2012(2) :18-20 .
- [15] 惠 菲 ,梁启全 ,於丽华 ,等 . NaCl 和 KCl 胁迫对甜菜幼苗生长的影响[J]. 中国糖料 ,2012(3) :30-32 .
- [16] 马 均 ,朱庆森 ,马文波 ,等 . 重穗型水稻光合作用、物质积累与运转的研究[J]. 中国农业科学 ,2003 ,36(4) :375-381 .
- [17] 敖和军 ,王淑红 ,邹应斌 ,等 . 超级杂交稻干物质生产特点与产量稳定性研究[J]. 中国农业科学 ,2008 ,41(7):1927-1936 .
- [18] 杨 福 ,梁正伟 ,王志春 . 苏打盐碱胁迫对水稻品种长白9号穗部性状及产量构成的影响[J]. 华北农学报 ,2010 ,25(S2) :59-61 .

(上接第 11 页)密度、品种特性、生态环境等造成的。

3.2 根系在玉米吐丝期、灌浆末期和蜡熟期达到了显著、极显著水平,说明在吐丝期以前建立起强大的根系,在吐丝期和灌浆期保证根系的活力,蜡熟期后减缓根系的衰老速度,充分为玉米提供养分,这样可以有效提高玉米产量。

3.3 粒深、穗粒数、出子率、穗长与单株产量的相关性为显著或极显著水平,百粒重、穗粗、穗行数与单株产量的相关性不显著,但相关性较大,这与周远和等^[13]研究结果有所不同,这可能是因为近年来吉林省选育的新品种穗轴相对较细,行数一般 16 行。穗长、穗粒数、粒深、百粒重、出子率对玉米产量直接作用最大,说明穗粒数和百粒重的协调发展是玉米新品种高产的保证,百粒重对单株产量的直接通径系数比穗粒数小,表明提高穗粒数有可能是高产玉米新品种产量进一步提高的关键。

参考文献:

- [1] 陈学军,孙世贤 . 北方春玉米品种试验技术与品种管理[M]. 长春 :吉林科学技术出版社 ,2008 .
- [2] 代秀云,于明彦,许明学,等 . 玉米种质改良问题探讨[J]. 玉米科学 ,2008,16(1) :56-58 .
- [3] 杨金慧,毛建昌,李发民,等 . 玉米杂交种农艺性状与籽粒产量的相关和通径分析[J]. 中国农学报 ,2003 ,19(4) :28-30 .
- [4] 唐海涛,张 彪,田玉秀,等 . 玉米杂交种棒三叶光合性状比较研究[J]. 玉米科学 ,2009 ,17(2) :86-90 .
- [5] 杨青华,赵 宇,邵瑞鑫 . 不同植物生长调节物质对玉米根系衰老及产量的影响[J]. 华北农学报 ,2012 ,27(1) :134-139 .
- [6] 姜文顺 . 玉米根系间相互作用对产量影响的生理基础[D]. 山东农业大学 ,2008 .
- [7] 李 宁,翟志席,李建民,等 . 密度对不同株型的玉米农艺、根系性状及产量的影响[J]. 玉米科学 ,2008 ,16(2) :98-102 .
- [8] 俞凤芳,曹熙敏,丁成方,等 . 种植方式对高产玉米穗部性状及产量的影响[J]. 湖北农业科学 ,2010(7) :65-76 .
- [9] 李召锋,梁晓玲,阿布来提,等 . 不同年代主要玉米品种穗部性状演变研究[J]. 玉米科学 ,2010 ,18(4) :27-31 .
- [10] 凤 芳,曹熙敏,丁成方,等 . 种植方式对高产玉米穗部性状及产量的影响[J]. 湖北农业科学 ,2010(7) :1577-1579 .
- [11] 冯学民,周洪飞 . 试验与统计[M]. 哈尔滨 :哈尔滨工程大学出版社 ,2002 .
- [12] 白永新,王早荣,陈宝国,等 . 玉米杂交种棒三叶特征及其叶面积与单株穗重、粒重的相关性研究[J]. 湖北农业科学 ,2000 ,15(2) :32-35 .
- [13] 周远和,吴永升,覃兰秋,等 . 玉米主要农艺性状与产量的相关及通径分析[J]. 广西农业科学 ,2007 ,38(4) :356-358 .