含ACC脱氨酶菌株Rs－5对棉苗生长及其耐盐性的影响

刘　莹[1]，李艳菊[1]，石在强[2]，姚丽霞[2]，娄　超[1]，李　春[1,2*]
(1.北京理工大学生命学院，北京 100081；2.新疆兵团化工绿色过程实验室/石河子大学农学院，新疆 石河子 832003)

摘　要：试验设置不同盐及不同Rs－5菌液浓度、不同菌液处理方式，通过盆栽试验，比较各种处理条件下棉苗的生长量和丙二醛、脯氨酸、可溶性糖含量等生理指标的变化。结果表明，Rs－5具有在盐胁迫条件下促进棉花幼苗生长并增加其耐盐性的作用，这种作用随盐浓度升高而增加，当盐浓度在0.4%以上时，菌株Rs－5对棉苗生长量和耐盐性影响均达显著水平($P<0.05$)，0.8%的盐浓度下均达极显著水平($P<0.01$)；同时Rs－5菌悬液处理效果最佳的浓度是$OD_{600nm}=0.3$(约10^8 U/ml)，棉花的株高、根长和干重分别比无菌对照增加了8.9%，10.1%，17.5%，丙二醛含量降低了42.8%，脯氨酸、可溶性糖和可溶性蛋白分别增加17.9%，0.8%，151.4%。

关键词：盐胁迫；菌株Rs－5；棉花；生长；耐盐性
中图分类号：S562　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1000-7601(2009)06-0173-06

棉花是新疆特色产业之一，总产量占到了全国的近二分之一。近年来由于水土资源开发利用不当所导致土壤次生盐碱化问题日益严重，成为影响新疆棉花生产的一大制约因素。土壤盐渍化使土壤水势降低，渗透压增大，导致植物组织脱水、萎蔫[1]；高浓度的盐离子也可以对植物造成离子毒害；同时，盐胁迫可以使植物体内产生大量自由基，使植物膜脂发生过氧化，质膜功能受到伤害。尽管棉花属于耐盐作物，但在棉花种植过程其苗期对盐胁迫仍然很敏感，尤其是三叶期前的幼苗更为敏感[2]，此时棉花体内已开始花芽分化，苗龄小，苗体嫩，盐分胁迫可引起幼苗畸形、黄化，幼苗株高、叶面积、侧根数等指标下降[3]，生长停滞，甚至死苗，给棉花生产带来不利的影响。

目前国内外学者开展了利用植物根围促生菌提高植物耐盐性的研究。据报道植物根围促生菌可以协助植物抵制不良环境如重金属[4]、水分[5]及盐胁迫[6]等不良环境对植物的伤害。这类菌大都含有ACC脱氨酶，ACC脱氨酶通过分解乙烯的前体1－氨基环丙烷羧酸(ACC)，降低植物体内乙烯的合成，从而减少过量乙烯对植物生长造成的不利影响[7]。Bernard R G等[6]分离得到的7株产ACC脱氨酶的细菌，可减缓盐胁迫对番茄的伤害，提高番茄的耐盐性，主要表现为番茄根伸长、生物量增加以及乙烯胁迫降低、有效水分利用率提高。吉云秀等[8]筛选的4株含ACC脱氨酶的植物促生菌在10 g/L NaCl盐胁迫下也均表现出显著的促生效应，且发现其促生效应随着盐浓度的增加而增强。本研究中所使用的菌株Rs－5是1株含有ACC脱氨酶活性的产酸克雷伯氏菌，分离筛选于新疆次生盐渍化土壤中。前期对Rs－5菌株在盐胁迫下对棉花的促生效应及其促生机制进行了初步的研究[9]，但是在实际应用当中，土壤的盐碱程度、施加的菌液的浓度以及菌液的施入方式和时期都会对微生物的作用效果产生影响。因此，在前期研究基础上，本论文以苗期的棉花为研究对象，考察了在不同盐浓度、不同Rs－5菌悬液浓度、不同菌悬液处理方式和处理时间对棉苗生物量和耐盐生理指标的影响。为利用植物促生菌改善和提高盐胁迫条件下棉苗生长和促进盐渍化地区棉花的可持续生产奠定理论基础。

1　材料与方法

1.1　供试菌株和棉花品种

菌株Rs－5由本实验室自行筛选的具ACC脱氨酶活性(比酶活0.795±0.031 U/mg)的产酸克雷伯氏菌(*Klebsiella oxytoca*，GenBank登录号EF508705)。供试棉花品种为新陆早13号(*Gossypium hirsutum* L)。

收稿日期：2009-06-28
基金项目：国家自然科学基金(20776017)；新疆维吾尔自治区高新技术重点项目(200811108)
作者简介：刘　莹(1984－)，女，山东省菏泽人，硕士研究生，主要从事微生物生态与植物健康方向研究。
*　**通讯作者**：李　春(1970－)，男，教授，博士生导师，研究方向为微生物资源与功能应用。E-mail：lichun@bit.edu.cn。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1.2 细菌培养基与棉花培养基质

NA(营养琼脂)培养基(g/L 蒸馏水):牛肉膏 5 g,蛋白胨 10 g,NaCl 5 g,调 pH 7.0

棉花培养基质:直径 1～3 mm 蛭石,置于 180℃下干热灭菌 2～4 h,以每营养钵 30 g 分装。

1.3 实验设计

不同盐浓度处理试验:将棉种使用 OD 值为 0.3(约 10^8 U/ml)的菌悬液浸泡 4 h,对照组使用灭菌蒸馏水浸泡同等时间。棉种的处理及栽培的实验条件参照 Haitao Yue 等[13]的方法。栽培后的棉花分为 6 组,分别用 0.0%、0.2%,0.4%,0.6%,0.8%,1.0%的盐溶液浇灌,每盆 30 ml,每隔 1 d 浇灌 1 次,每组 5 个重复。待棉花幼苗长出两片真叶(第 20 d)的时候测定其株高、根长、棉苗干重以及丙二醛(MDA)含量、脯氨酸(Pro)可溶性糖和可溶性蛋白的含量。

不同菌液浓度处理试验:将活化后的菌株 Rs－5 接种于灭菌的 NA 液体培养基中,置于 30℃,200 r/min 摇床中培养 48 h 制备菌悬液,然后将菌悬液分别稀释至 OD_{600nm}为 0.2、0.4、0.6,0.8,1.0 等不同浓度。用此不同浓度的菌悬液对棉花种子浸泡 4 h,对照组用灭菌蒸馏水浸泡同等时间,并播种于0.6%的 NaCl 蛭石基质中,每组 5 个重复。

不同苗期浇灌试验:将棉花栽培后分为三组,分别于棉花播种的 7 d(子叶期),16 d(真叶前期)和 25 d(两叶期)使用 OD_{600nm}为 0.3 的 Rs－5 菌悬液浇灌,每盆 30 ml,对照组使用灭菌蒸馏水浇灌。其他时间统一使用 0.6%的盐水浇灌。于第 30 d 对棉花的生长指标(株高、根长、干重)和生理指标(丙二醛、脯氨酸、可溶性糖和可溶性蛋白)进行测定。

浸种试验:将棉花种子用 OD_{600nm}为 0.3 的 Rs－5 菌悬液浸泡 4 h 之后进行盆栽,并设对照处理。测定指标和测定时间同苗期浇灌试验。

1.4 棉花株高、根长、干重的测定

每个处理取棉花幼苗 20 株,测量其株高和根长,然后将新鲜幼苗放入 105℃烘箱烘烤 10 min 后转入 75℃烘箱中烘干至衡重,取出测其干重。

1.5 棉花生理指标的测定

丙二醛含量的测定参照 Madhava 等[10]的方法;脯氨酸含量的测定参照 Bates[11]的方法;可溶性糖含量测定采用苯酚法[12];可溶性蛋白含量测定采用考马斯亮蓝 G－250 法[13]。

所有数据使用 Excel 2003 和 SPSS 13.0 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同盐浓度下菌株 Rs－5 对棉苗耐盐生长的影响

植物的生长量与植物体内丙二醛(MDA)、脯氨酸含量等指标的变化趋势是表征植物抗逆强弱的重要指标。由表 1 可知,经 Rs－5 菌悬液处理之后,棉花的株高、根长及干重均高于相同盐浓度下的无菌对照,而且盐浓度越高,这种效应越明显。盐浓度大于 0.4%时,各生长指标与对照之间差异显著($P<0.05$),0.8%盐浓度下均差异极显著($P<0.01$),干重、株高和根长分别比无菌对照增加了 53.7%、21.6%和 53.7%。

对棉花幼苗生理指标的测定结果显示(表 1),经 Rs－5 菌悬液处理的棉苗的丙二醛含量均比无菌对照降低,而脯氨酸、可溶性糖和可溶性蛋白的含量增加。在各盐胁迫强度下,丙二醛含量降低范围在 7.1%～15.0%,脯氨酸、可溶性糖和可溶性蛋白含量分别增加了 6.6%～24.8%,8.1%～25.5%,0.4%～10.0%。并且这种效应随着盐浓度的增加而增强,在盐浓度 0.4%以上时,Rs－5 菌液处理的棉苗各指标与无菌对照相比差异显著($P<0.05$),0.8%盐浓度下,差异极显著($P<0.01$)。

以上结果说明 Rs－5 具有在盐胁迫条件下促进棉花幼苗生长并增加其耐盐性的作用,这种作用随盐浓度升高愈加明显。

2.2 不同浓度 Rs－5 菌悬液对棉苗耐盐生长的影响

由表 2 可知,用不同 Rs－5 菌悬液处理,其生长状况均优于对照;当菌浓度 OD 值为 0.0～0.3 时,随接种菌悬液浓度的增加,棉花株高、根长及干重不断增高;OD＝0.3 时,棉花的生长状况达最佳,株高、根长和干重分别比无菌对照增加了 8.9%,10.1%,17.5%,前期的平板计数实验显示此时的菌落总数大约相当于 10^8 U/ml;当菌悬液浓度 OD 值从 0.3 到 0.9 时,棉花的株高、根长及干重有降低的趋势。

棉苗的生理指标的变化也表现出相似的趋势,总体来说,Rs－5 菌悬液处理降低了棉花体内 MDA 含量,增加了脯氨酸、可溶性糖和可溶性蛋白的含量。在 OD＝0.3 时,棉花各项生理指标与对照相比均差异显著($P<0.05$),此时 MDA 含量最低,比无菌对照降低了 42.8%,Pro、可溶性糖以及可溶性蛋白的含量达最高,分别比无菌对照增加了 17.9%,0.8%,151.4%。

由以上结果可以初步得出结论:在菌悬液浓度

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

OD＝0.3 的时候,Rs－5 的促生和提高植物耐盐性效果最明显。

表 1　不同盐浓度下菌株 Rs－5 对棉花生长和生理指标的影响

Table 1　Effect of strain Rs－5 on cotton growth and physiological indices under different salt concentrations

盐浓度 Salt concentration (%)	菌处理 Bacteria treatment	生长指标 Growth index			生理指标 Physiological index			
		株高 Plant height (cm)	根长 Root length (cm)	干重 Dry weight (g)	丙二醛 MDA (mol/g)	脯氨酸 Proline (μg/g)	可溶性糖 Soluble sugar (%)	可溶性蛋白 Soluble protein (mg/g)
0.0	－	6.71	7.27	0.233	58.81	32.95	2.97	8.30
	＋	6.75	8.19**	0.266*	56.48	35.14	3.29*	8.37
0.2	－	6.13	7.11	0.212	68.77	34.5	2.85	8.18
	＋	6.53*	7.82**	0.222	63.87	37.65	3.23*	8.21
0.4	－	5.79	6.73	0.183	90.58	36.83	2.59	7.64
	＋	6.31**	7.41**	0.215*	82.71**	42.73*	2.80*	8.05*
0.6	－	5.46	6.33	0.163	97.94	45.08	2.17	7.11
	＋	6.19**	7.39**	0.197*	90.42*	53.57**	2.50*	7.82**
0.8	－	4.89	5.55	0.123	99.61	54.99	1.94	6.72
	＋	5.73**	6.75**	0.189**	87.23**	66.55**	2.46**	7.09**
1.0	－	4.35	5.11	0.083	125.29	60.39	1.45	5.55
	＋	5.35**	6.27**	0.113*	106.52**	75.34**	1.82*	5.97**

注:“＋”:经 OD_{600nm} 为 0.3 的菌悬液处理的样本,“－”:未经菌处理的样本。数据均为多次重复求平均值,“＊”表示数据差异显著($P<0.05$),“＊＊”表示数据差异极显著($P<0.01$)。

Note:“＋”means samples treated with bacteria suspension of OD_{600nm} 0.3, “－”means samples treated with no bacteria. The results are expressed with means of triplicates。“＊”means significant at 0.05 level, “＊＊”means significant at 0.01 level.

表 2　不同菌浓度处理对棉苗生长和生理指标的影响

Table 2　Effect of different bacteria concentration on cotton growth and physiological indices

菌液浓度 Bacteria suspension concentration OD_{600nm}	生长指标 Growth index			生理指标 Physiological index			
	株高 Plant height (cm)	根长 Root length (cm)	干重 Dry weight (g)	丙二醛 MDA (mol/g)	脯氨酸 Proline (μg/g)	可溶性糖 Soluble sugar (%)	可溶性蛋白 Soluble protein (mg/g)
0	5.79b	6.73b	0.183b	101.29d	55.22c	3.60b	3.17e
0.1	6.35a	6.82b	0.207a	83.23b	58.20c	3.73b	4.15b
0.3	6.31a	7.41a	0.215a	57.94a	65.11a	3.89a	7.97a
0.6	6.23a	7.09b	0.212a	81.03b	66.65a	3.86a	3.94c
0.9	5.56c	5.88c	0.114c	94.58c	57.57c	3.73b	3.56d

注:每组处理的盐浓度均为 0.6%。数据均为多次重复平均值,不同的字母表示数据间的差异性,差异水平为($P<0.05$)。下同。

Note: The salt concentration in each treatment is 0.6%. The results are expressed with means of triplicates。Different letters mean significant at 5% level. The same as below.

2.3　Rs－5 菌悬液施加时期对棉苗耐盐生长的影响

由表 3 可知,在所有处理中,株高、根长和干重增加最为明显的是第 7 d 使用菌悬液浇灌处理的棉花幼苗,分别比无菌对照增加了 16.7%,13.9%,44.9%。第 16 d 和第 25 d 用菌悬液其处理的棉苗其株高略有增加,根长和干重的增加不明显,两者之间的差异也不显著。

对棉苗生理指标的测定结果显示,第 7 d 处理的棉花幼苗丙二醛的含量最低,降低了 13.7%,第 16 d 和第 25 d 反而略有增加;同时第 7 d 处理的棉花幼苗脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白含量最高。第 16 d 和第 25 d 的处理也略有提高,但两者之间的差异不显著。

由以上结果可知,在棉花苗期越早施入 Rs－5 菌悬液,对棉花幼苗的生长和耐盐性的提高最为有利。

2.4　Rs－5 菌悬液浸种处理对棉苗耐盐生长的影响

为了比较浸种处理与苗期菌悬液浇灌对棉苗耐盐生长的影响效应,同时对 Rs－5 菌悬液浸种处理效应进行了测定,由表 4 结果可知,采用浸种处理的

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

棉苗株高、根长和干重分别比对照增加了18.9%、16.8%、266.7%，脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白的含量分别增加107.8%、168.1%、59.9%，丙二醛含量降低18.2%；比较表3和表4结果可以发现，采用浸种处理的棉苗比苗期使用菌悬液浇灌的棉苗长势好，与子叶期(第7 d)进行浇灌的棉苗相比，其株高、根长、干重分别提高了2.1%、2.5%、153.1%，同时生理指标水平也达最佳。由此可知，无论从棉苗生长量还是耐盐性的角度，采用浸种的效果都要优于苗期浇灌的效果。

表3 不同时期施加Rs－5对棉苗生长和生理指标的影响

Table 3 Effect of strain Rs－5 on cotton growth and physiological indices inoculated in different periods

菌处理时期 Bacteria treatment time(d)	生长指标 Growth index			生理指标 Physiological index			
	株高 Plant height (cm)	根长 Root length (cm)	干重 Dry weight (g)	丙二醛 MDA (mol/g)	脯氨酸 Proline (μg/g)	可溶性糖 Soluble sugar (%)	可溶性蛋白 Soluble protein (mg/g)
CK	11.11_c	8.27_c	0.078_b	88.08_b	36.36_c	3.36_c	2.94_c
7	12.94_a	9.42_a	0.113_a	76.04_c	72.68_a	8.23_a	4.16_a
16	11.82_b	7.42_d	0.079_b	90.48_a	32.32_c	7.40_b	3.70_b
25	11.90_b	8.56_b	0.077_b	88.94_b	47.52_b	7.41_b	3.12_b

表4 Rs－5菌悬液浸种对棉苗的生长和生理指标的影响

Table 4 Effect of strain Rs－5 on cotton growth and physiological indices inoculated by seed-soaking

处理 Treatment	生长指标 Growth index			生理指标 Physiological index			
	株高 Plant height (cm)	根长 Root length (cm)	干重 Dry weight (g)	丙二醛 MDA (mol/g)	脯氨酸 Proline (μg/g)	可溶性糖 Soluble sugar (%)	可溶性蛋白 Soluble protein (mg/g)
CK	11.11_b	8.27_b	0.078_b	88.08_a	36.36_b	3.36_b	2.94_b
浸种 Seed-soaking	13.21_a	9.66_a	0.286_a	72.06_b	75.56_a	9.01_a	4.70_a

3 讨 论

盐胁迫下，植物营养失调，吸水困难，出苗率降低，生长缓慢[14]。本研究中，盐胁迫下棉苗株高、根长和干重均降低，且在高盐条件下降低幅度增大，并出现黄化、萎蔫的现象。而经菌株Rs－5处理的棉花幼苗生物量增加。进一步观测发现这种效应随着盐浓度的增加而增大，在1%的盐浓度下棉苗的株高和根长增加水平较大，此结果与吉云秀等[15]研究结果是一致的。可能与ACC脱氨酶有关，ACC脱氨酶通过降低逆境下乙烯的合成而增加植物生长量，随着逆境胁迫作用的增大这种效应更加凸显。

接种植物促生菌可以增强植物对盐胁迫的抗性，这种抗性的增强涉及到植物体内某些生理特性的改变。丙二醛(MDA)是植物受到逆境伤害和衰老过程中膜系统受伤害的重要标志之一[16]。盐胁迫可以破坏植物体内活性氧代谢系统的平衡[17]，自由基大量产生，从而使膜系统发生过氧化，表现为MDA含量上升。本课题组前期研究表明植物促生菌可以增强植物体内活性氧清除系统的活性[18]，从而降低植物体内MDA含量。脯氨酸也可以参与到羟基自由基的清除过程中[19]，但它主要作为渗透调节物质缓解渗透胁迫所造成的植物组织失水以及由此所造成的伤害，其含量常被认为是判断植物耐盐性强弱的一种指标[20]。本研究中，随着盐胁迫强度的增加，游离脯氨酸的含量逐渐增加，研究表明[21,22]盐胁迫可诱导脯氨酸合成过程中关键酶基因的表达，而植物激素ABA可能参与了此关键酶基因诱导的信号过程；菌株Rs－5的施入可使棉苗游离脯氨酸的含量升高，推测菌株Rs－5的代谢活动可能影响了脯氨酸代谢调节的信号途径，使脯氨酸的含量增加，从而增强棉花幼苗对盐的适应力。另外，盐胁迫下植物细胞中可溶性物质含量增加有利于降低渗透势。本研究结果显示，随着盐胁迫强度的增加，棉苗的可溶性糖含量和可溶性蛋白的含量都逐渐降低，表明盐胁迫破坏了棉花的正常生理活动，使得可溶性糖和可溶性蛋白的合成减少[23,24]。而植物促生菌Rs－5的施入增加了棉花中可溶性糖和可溶性蛋白的含量，这种变化趋势与其它植物研究具有相似性[25]。

在不同菌浓度处理实验中，菌株Rs－5在OD＝0.3时对促进棉苗生长、增强棉苗耐盐性最为有利，而在浓度增高时(OD＞0.3)其效果则有所下降，甚至会产生负面效果。前期研究证明菌株Rs－5有合

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

成分泌 IAA 的功能[11],推测上述现象可能与菌株 Rs－5 代谢过程中产生的 IAA 浓度有关,无论是外源施加的 IAA 还是菌体 IAA,在低浓度时促进植物生长,而浓度过高时会抑制植物的生长[25],影响植物的耐盐性。

植物促生菌 Rs－5 在不同时期施加对棉花幼苗的生长和耐盐性的影响也不同,第 7 d(子叶期)施加菌悬液效果要真叶前期(第 16 d)和二叶期(第 25 d)的处理,此时棉花刚刚出苗,幼嫩的组织对盐胁迫比较敏感,Rs－5 菌悬液及早施入缓解了盐胁迫对棉花幼嫩组织的伤害,因而对棉苗生长越有利。菌悬液浸种又优于苗期浇灌。

总之,菌株 Rs－5 具有在盐胁迫下提高棉苗耐盐生长的作用,在合适的菌浓度范围内这种作用随盐浓度的增加而增加,菌液处理方式以菌悬液浸种效果较最好。

参 考 文 献:

[1] 曾洪学,王　俊.盐害生理与植物抗盐性[J].生物学通报,2005,40(9):1－2.

[2] 刘国强,鲁黎明,刘金定.棉花品种资源耐盐性鉴定研究[J].作物品种资源,1993,(2):21－22.

[3] 赵可夫.NaCl 抑制棉花幼苗生长的机理——盐离子效应[J].植物生理学报,1989,15(2):173－178.

[4] Belimov A A, Hontzeas N, Safronova V I, et al. Cadmium-tolerant plant growth-promoting bacteria associated with the roots of Indian mustard[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2005,37:241－250.

[5] Shimon M, Tsipora T, Bernard R G. Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and peppers[J]. Plant Science, 2004,166:525－530.

[6] Shimon M T, Bernard R G. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress[J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2004,42:565－572.

[7] Bernard R G, Donna M P, Jiping L. A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth-promoting bacteria[J]. J theor Biol,1998,190:63－68.

[8] 吉云秀,黄晓东.植物促生菌对燕麦初生苗盐分胁迫下的促生效应[J].大连海事大学学报,2007,33(3):86－89.

[9] Haitao Y, Wenping M, Chun L, et al. The salt stress relief and growth promotion effect of Rs－5 on cotton[J]. Plant Soil, 2007,297:139－145.

[10] Madhava R K V, Sresty T V S. Antioxidative parameters in the seedling of pigeonpea(*Cajanus cajan* (L.) Millspaudh) in response to Zn and Ni stress[J]. Plant Sci, 2000,157:113－128.

[11] Bates L S, Waldren R P, Teare I D. Rapid determination of free proline for water-stress studies[J]. Plant Soil,1973,39:205－207.

[12] 张振清.植物材料中可溶性糖的测定[M].植物生理学实验手册.上海:上海科学技术出版社,1985:134－138.

[13] 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,2000:195－197.

[14] Albino M, Giampaolo R, Armando M, et al. Salt stress response in tomato beyond the salinity tolerance threshold[J]. Environmental and Experimental Botany, 2007,59:276－282.

[15] 吉云秀,黄晓东.不同盐分条件下植物促生菌对燕麦和黑麦草幼苗的促生效应[J].中国土壤与肥料,2008,(2):56－86.

[16] 陈少裕.膜脂过氧化对植物细胞的伤害[J].植物生理学通讯,1991,27(2):84－90.

[17] 孙方行,孙明高,魏海霞,等.NaCl 胁迫对紫荆幼苗膜脂过氧化及保护酶活性的影响[J].河北农业大学学报,2006,29(1):16－19.

[18] 莫文萍,李　春,郑元元,等.盐胁迫下解盐促生菌对棉花种子发芽过程的影响[J].农业工程学报,2006,22(8):260－263.

[19] Hsu S Y, Hsu Y T, Kao C H. The effect of polyethylene glycol on proline accumulation in rice leaves[J]. Biologia Plantarum, 2003,46:73－78.

[20] De Lacerda C F, Cambraia J, Oliva M A, et al. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress[J]. Environmental and Experimental Botany, 2003,49:107－120.

[21] Thakur M, Sharma A D. Salt-stress-induced proline accumulation in germinating embryos: Evidence suggesting a role of proline in seed germination[J]. Journal of Arid Environments, 2005,62:517－523.

[23] 李姝睿.盐胁迫对芸豆体内可溶性糖含量的影响[J].青海师范大学学报,2003,(2):65－67.

[24] 张子学,王正鹏,凌中鑫.不同棉花品种 NaCl 胁迫的生理表现及其耐盐性筛选指标分析[J].中国棉花,2004,31(8):8－10.

[25] 梁建根,张炳欣,喻景权,等.植物根围促生细菌(PGPR)对黄瓜生长及生理生化特性的影响[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2007,33(2):202－206.

[26] Farah A, Iqbal A, Mohd S K. Indole acetic acid production by the indigenous isolates of azotobacter and fluorescent pseudomonas in the presence and absence of tryptophan[J]. Turkish Journal of Biology, 2005,29:29－34.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Effect of strain Rs—5 containing ACC deaminase on growth and salt-tolerance of cotton seedling under salt stress

LIU Ying[1], LI Yan-ju[1], SHI Zai-qiang[2], YAO Li-xia[2], LOU Chao[1], LI Chun[1,2*]

(1. *School of Life Science and Technology, Beijing Institute of Technology, Beijing* 100081, *China*;
2. *Laboratory of Green Processing of Chemical Engineering/College of Agriculture, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang* 832003, *China*)

Abstract: In order to elucidate the effect of strain Rs—5 containing ACC deaminase on growth and salt-tolerance of cotton seedling under salt stress, the growth biomass of cotton and four physiological indices(MDA, proline, soluble sugar and soluble protein content) of the cotton seedling were studied by pot experiment under different salt concentrations, different Rs—5 bacteria suspension concentrations and in different treatment methods respectively. The results showed that cotton growth and its salt-tolerance under salt stress were promoted by strain Rs—5, and this effect was more obviously as salt stress increased. When salt concentration is above 0.4%, the influence of Rs—5 to both cotton growth and salt-tolerance reached a significant level($P<0.05$), and reached a very significant level($P<0.01$) at a salt concentration 0.8%. Compared with control, the average plant height, root length, dry weight of cotton seedlings increased by 8.9%, 10.1% and 17.5%, and proline, soluble sugar and soluble protein content increased by 17.9%, 0.8% and 151.4% respectively, while MDA content decreased by 42.8%, and the stress relief and growth promotion of Rs—5 efficacy is the best, when the bacteria suspension concentration reached OD=0.3(about 10^8 U/ml).

Keywords: salt stress; strain Rs—5; cotton; growth; salt-tolerance

(上接第163页)

Effects of deficit irrigation on accumulation of sugar and activity of sugar metabolism-related enzymes of *Lycium barbarum* L.

ZHANG Ping[1], ZHENG Guo-qi[1,2*], ZHENG Guo-bao[3], ZHANG Yuan-pei[3], XU Xing[1]

(1. *College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia* 750021, *China*;
2. *College of Life Science, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia* 750021, *China*)

Abstract: A study was conducted on the effects of water deficit on accumulation of sugar and activity of sugar metabolism-related enzymes of *Lycium barbarum* through controlling irrigation amount to keep the soil water at different levels(T1, 18.20%; T2, 19.50; T3, 20.60%; T4, 22.40%; T5, 23.50%). The results showed that the 100-grain weight presented a descending trend with the intension of water stress, and it was significantly lower in T5 than that in other treatments. The hexose content (glucose and fructose) of *Lycium barbarum* L. presented a trend of escalation through the whole fruit development, and the sucrose accumulation declined gradually. The content of hexose and sucrose in each treatment had significant difference in mature stage, and it was significantly higher in T1 and T2 than in T5. The invertase activity sustained at a high level, and showed a trend of rise first, then fall. The decreased invertase enzyme activity is beneficial to sugar accumulation. The activity of sucrose synthase and sucrose phosphate synthase was low and showed a decreased trend. Synthase activity showed an uptrend along with the intension of water stress, which was consistent with sucrose accumulation trend. Water deficit increased hexose content and improved fruit quality, however, serious water deficit decreased fruit yield.

Keywords: deficit irrigation; *Lycium barbarum* L.; sugar accumulation; sucrose metabolism-related enzymes

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net