

海水组培法培育芦荟耐盐品系研究

刘 联¹, 于延球³, 刘兆普^{1,2*}, 郑青松², 刘蓉花¹

(1 南京农业大学 海南滩涂农业研究所, 海南乐东 572541; 2 南京农业大学 江苏省海洋生物学重点实验室, 南京 210095; 3 江苏省滩涂生物资源与环境保护重点实验室 盐城师范学院, 江苏盐城 224002)

摘 要:以库拉索芦荟(*Aloe vera*)组培苗为材料,在培养基中添加不同浓度海水对芦荟进行盐胁迫驯化培养。结果显示:(1)在50%海水处理的组植株性状分离最明显,且有部分芦荟苗生长旺盛;盐胁迫驯化前芦荟(库拉索)与盐胁迫驯化后芦荟(‘南盐1号’)的组培苗在分化过程中存在明显的差异,库拉索芦荟的芽分化率、平均分芽数、心叶生长速率及生根系数等指标均明显低于同比例海水处理下的‘南盐1号’;‘南盐1号’芦荟苗在0~20%海水条件下组培时,芦荟分化率随着海水浓度的加大而降低,而30%海水组培处理时芦荟芽增长数上升至淡水组培水平,且平均心叶数增加速率最大,根生长变化特征与其芽分化生长基本一致。(2)移栽入圃后用50%天然海水灌溉时,‘南盐1号’芦荟植株根系发达,生长正常,而库拉索芦荟则盐胁迫症状明显;经一年大田海水灌溉比较试验发现,‘南盐1号’的地上部与根部的鲜重在淡水灌溉下与库拉索芦荟没有差异,而在30%和60%比例的海水灌溉下均显著高于库拉索芦荟;用30%的海水灌溉培养下,‘南盐1号’地上部产量与淡水灌溉的产量无显著差异,而库拉索芦荟的地上部产量却比淡水处理降低15%~20%。研究表明,通过海水组织培养能筛选出芦荟耐盐株系,且其耐盐分化株系筛选的最适浓度为50%海水。

关键词:海水;组织培养;芦荟;耐盐品系

中图分类号: Q948.113

文献标识码: A

Studies of Culture and Propagation of Salt-tolerant *Aloe* Plantlet by Seawater Tissue Culture

LIU Lian¹, YU Yan-qiu³, LIU Zhao-pu^{1,2*}, ZHENG Qing-song², LIU Rong-hua¹

(1 Institute of Sea-beach Agriculture, Nanjing Agricultural University, Ledong, Hainan 572541, China; 2 Key Laboratory of Marine Biology Jiangsu Province, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 3 Jiangsu Provincial Key laboratory of Coastal Wetland Bioresources and Environmental Protection, Yancheng Teachers University, Yancheng, Jiangsu 224002, China)

Abstract: Moderate salt-tolerant *Aloe vera* plants in the field were used as explants to cultivate. During the culture, seawater concentration was gradually added to the medium with 0%→10%→20%→30%→40%→50%→60% for acclimation culture. The results showed that the growth and shape of the tissue-cultured plantlet by seawater stress was provided with obvious characters, especially at 50% seawater, parts of plants still flourished. There were many remarkable differences in differentiation between the domesticated salt-tolerant plantlet and control plantlet. Differentiation rate, the average shoot number, young leaf growth rate and radication coefficient of the domesticated salt-tolerant plantlet were higher than those of control. The differentiation rate of domesticated plantlet decreased along with seawater proportion from 0 to 20%. There were not significant difference on the average shoot numbers between 30% seawater tissue culture

收稿日期: 2006-08-01; 修改稿收到日期: 2008-08-22

基金项目: 国家 863 项目(2003AA627040)

作者简介: 刘 联(1972-), 男(汉族), 农学学士, 助理研究员, 主要从事植物组培研究。

* 通讯作者: 刘兆普, 教授, 博士生导师。主要从事近海资源与生态研究。E-mail: sea@njau.edu.cn

and non-seawater tissue culture. The average young leaf numbers were the highest both 30% seawater tissue culture and non-seawater tissue culture among all treatments. The characteristics of radication growth of domesticated seedlings were accordant with their differentiation growth. The property of salt-tolerant differentiated plantlets (50% seawater) was stabilized after subculture again and again. Then they were transplanted with the same seawater irrigation. We found that the roots of these plants were able-bodied and showed normal growth. They showed more seawater tolerance from their appearances and shapes. The plantlet was provisionally named 'Nanyan 1'. There were no differences of the fresh weight of roots and shoots between 'Nanyan 1' and *Aloe vera* (Control) with freshwater irrigation, while the fresh weight of roots and shoots of 'Nanyan 1' significantly increased than those of *Aloe vera* with 30% and 60% seawater irrigation. Compared with freshwater irrigation, there was no significant difference in fresh weight of shoots of 'Nanyan 1' with 30% seawater irrigation. However, compared with freshwater irrigation, fresh weight of shoots of *Aloe vera* (Control) with 30% seawater irrigation decreased by 15%~20%. Therefore, salt-tolerant *Aloe vera* plantlets can be isolated and screened by gradually adding the salinity to the medium for inducing salt response gene in plant strengthening expression.

Key words: seawater; tissue culture; *Aloe*; salt-tolerant plantlet

中国水资源总量严重不足、时空分布不均、水环境恶化、耕地减少等因素已严重制约农业发展,而发展海水灌溉农业、开发沿海滩涂已是世界各国研究的热点^[1,2]。选育耐盐性强、有经济价值的植物或作物品种成当务之急。库拉索芦荟(*Aloe vera* L.),集药用、食用、美容、观赏价值于一身^[3],而芦荟具有较强的渗透调节能力^[3]与拒盐能力^[4],以25%~30%海水灌溉最合适^[5]。目前,有关耐盐细胞系的筛选研究很多,但仅少数研究者对耐盐细胞系或再生植株后代的耐盐稳定性及遗传性有过报道^[6,7]。从2001年开始,本研究小组以南京农业大学(海南)滩涂研究所的乐东太阳城中试基地中较耐盐的库拉索芦荟植株为材料,在培养基中逐渐增加盐分,以化学渐进递增的方式诱导芦荟的盐应答系统表达逐步增强,筛选出耐盐分化苗,通过2年的多代反复增殖驯化培养,获得耐盐芦荟品系‘南盐1号’。

1 材料和方法

1.1 材料

库拉索芦荟(*Aloe vera* L.)采自南京农业大学(海南)滩涂研究所乐东太阳城中试基地。

1.2 海水成分

供试海水采自南京农业大学(海南)滩涂研究所乐东太阳城中试基地海域。海水样品主要离子含量见表1。

1.3 海水配置及其成分

以种植在海南乐东太阳城中试基地上较耐盐的健壮库拉索芦荟为组织培养外植体,组培所用海水主要离子含量见表2(EC_{27.3}为27.3℃时的电导率,

下同)。其中,为保障芦荟分化、生根对无机盐离子的需求,B₀为在去离子水中加入适量的无机盐,B₁、B₂、B₃、B₄、B₅、B₆分别为在10%、20%、30%、40%、50%、60%比例的海淡混和水中添加与B₀相同含量的无机盐。

以MS为基本培养基(EC_{27.3}为4.3),再依次添加B₀~B₆人工配置海水制成不同盐浓度处理的芦荟培养基A₀~A₆,A₁~A₆的电导率和矿化度依次分别为:A₁. EC_{27.3} 8.8,矿化度4.51;A₂. EC_{27.3} 12.1,矿化度6.20;A₃. EC_{27.3} 16.0,矿化度8.20;A₄. EC_{27.3} 19.24,矿化度9.83;A₅. EC_{27.3} 22.70,矿化度11.64;A₆. EC_{27.3} 26.5,矿化度13.58。分化培养基分别添加2.0 mg·L⁻¹ 6-BA、0.1 mg·L⁻¹ NAA,生根培养基分别添加1.0 mg·L⁻¹ NAA、0.2%活性炭,pH 6.0。

苗圃与大田灌溉海水以南海北部湾海水和南京农业大学(海南)滩涂研究所乐东太阳城中试基地地下水配成,根据田间试验需求,电导率以EC₃₂表示:10%海水的EC₃₂为7.10,矿化度为3.63;20%海水的EC₃₂为12.50,矿化度为6.40;30%海水的EC₃₂为19.00,矿化度为9.74;40%海水的EC₃₂为23.78,矿化度为12.16;50%海水的EC₃₂为28.17,矿化度为16.79;60%海水的EC₃₂为33.60,矿化度为17.22。

表1 南海北部湾海水样品主要离子含量

Table 1 Basic ion contents in seawater sample/(mmol·L⁻¹)

HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
4.44	39.67	403.97	14.7	76.43	9.61	310.81

表 2 不同处理中 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 Cl^- 的含量
Table 2 Concentrations of Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- in different treatments

处理 Treatment	离子含量 Ion content/(mmol · L ⁻¹)					电导率 EC _{27.3}	矿化度 Mineralization
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻		
B ₀	0.202	20.05	2.99	1.50	5.98	—	—
B ₁	31.28	21.5	4.44	9.16	46.38	4.20	2.15
B ₂	62.35	22.95	5.89	16.82	86.78	8.20	4.20
B ₃	93.43	24.40	7.34	24.48	127.18	12.10	6.02
B ₄	124.50	25.85	8.79	32.14	167.57	15.2	8.14
B ₅	155.57	27.30	10.24	39.80	207.96	18.1	9.81
B ₆	186.64	28.75	11.69	47.46	248.35	22.1	11.33

1.4 耐盐株系的组培筛选

芦荟诱导出丛芽后,选择健壮、分化旺盛的无污染芽,转入 A₀、A₁ 2 种分化与生根培养基培养 28 d,从 A₁ 处理挑选的健壮幼苗诱导丛芽后转接到 A₂ 上继续培养,以此类推,一直递增到 A₆ 培养基处理,并用 A₆ 培养基继续组培 5 个轮回,选取其整齐一致的株系(‘南盐 1 号’,下同)作为供试材料。为保持可比性,A₀ 处理的幼苗继续在 A₀ 培养基循环培养 5 个轮回,选取整齐一致的植株作为对照(F₀,下同),以‘南盐 1 号’与 F₀ 为材料分别在 A₆、A₅、A₄、A₃、A₂、A₁、A₀ 培养基上培养,以研究其耐盐性状,整个组培驯化试验流程见图 1。

整个培养试验在温度(28±1)℃、光照度为 2 000 lx 下进行,每天光照 11 h。所有试验每处理重复 100 样(瓶),每瓶 8 株。

1.5 筛选株的苗圃移栽

将‘南盐 1 号’与淡水组培的株系(库拉索)芦荟幼苗移入苗圃,分别按其培养基相应的海水浓度灌溉处理。比较两种芦荟入圃幼苗海水灌溉下植株的生根、返青、成活率及缓苗后的生长等方面的差异。

1.6 两品种芦荟大田栽培试验

将获得的‘南盐 1 号’与淡水组培苗(库拉索,下同)同时进行大田海水长期灌溉试验,设 3 个海水比例处理:0(淡水)、30% 海水和 60% 海水;小区面积 20 m²,4 次重复;小区之间用 12 mm 厚聚乙烯农膜垂直埋入 70 cm 土中,以保证相邻小区间无侧渗。土壤中按不同深度同时埋设水分张力计与盐分传感器,当早上 8:00 土层 10~30 cm 水吸力达 29~31 kPa 时,按每小区 1 t 的灌溉量进行灌溉处理。处理 1 年后,测定其形态指标,收获中间一行分别称其地

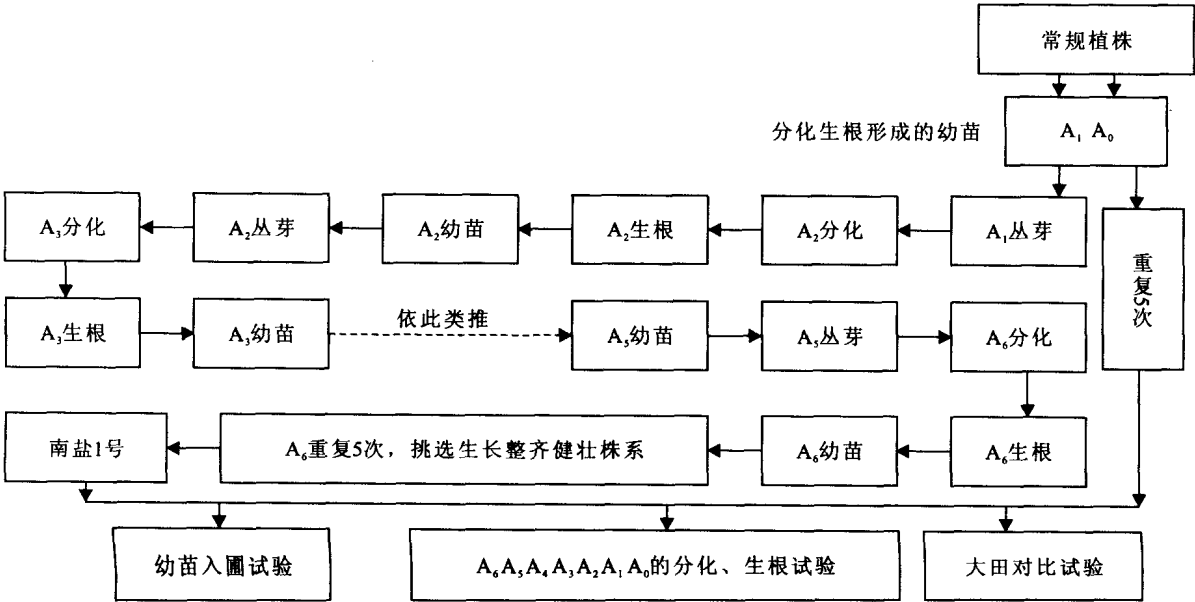


图 1 海水组培选育‘南盐 1 号’流程示意图
Fig. 1 Sketch map of ‘Nanyan 1’ cultivar breeding by seawater culture

上部与地下部鲜重。

2 结果与分析

2.1 海水胁迫对库拉索芦荟组培苗性状分离的影响

从图 2 看出,随着海水浓度的提高,芦荟的芽分化率、生根率递减。10%海水处理(A₁)的平均增长芽数是 4 的概率为零,生根数为 6 的概率也很低,20%海水胁迫下(A₂)芦荟的芽分化率、生根率逐渐增加;30%海水处理下(A₃)以增长芽数为 3、4 和生根数为 4~6 的概率比较高;40%海水处理(A₄)的增长芽数、生根数以 1、2 的居多,增芽数和生根数多的苗数所占比例逐渐减少;50%海水处理(A₅)的增长芽数为 3、4 和生根数为 4~6 的概率很低,不分化、不生根的苗数占多数;60%处理(A₆)的增长芽数是 2~4 的概率为零。可见,各浓度处理中芦荟苗分化、生根性状分离最明显是 50%海水胁迫培养。

2.2 海水浓度对‘南盐 1 号’与库拉索芦荟芽分化的影响

从表 3 来看,库拉索随着海水浓度的提高,芽分

化率、平均分芽数、生根系数、心叶增长都急剧减少,且分化芽畸形严重,生根苗长势减弱(图版 I, 1、3、5)。从 20%海水浓度开始,不定芽逐渐变得短小肥厚;至 40%海水浓度时,几乎不分化,即使分化,多呈短小肥厚的畸形(图版 I, 3);60%海水浓度时芦荟生长已严重受抑制,芦荟几乎不分化(图版 I, 5)。

由‘南盐 1 号’的分化形态可知,其生长势比库拉索芦荟明显增强。其中,在 10%~20%海水驯化培养时,分化芽数、平均心叶数比常规培养显著下降(图版 I, 2);随着海水浓度的提高,分化苗平均心叶增长数、平均分芽数、营养生长呈递增趋势,并以 30%海水时植株营养生长最旺盛,平均心叶增长数、平均分芽数与淡水组培处理没有显著差异(表 3;图版 I, 4);40%海水胁迫下,大多数不定芽仍营养生长正常、旺盛,但部分不定芽短小肥厚,有些芽叶皱缩,平均心叶增长数、平均出芽数显著减少;50%海水时,平均出数芽、平均心叶增长数减少明显,短小肥厚芽数多,但部分不定芽依然正常生长、增殖旺盛;60%海水时,芦荟叶色逐渐褪绿,叶子短小、皱缩弯

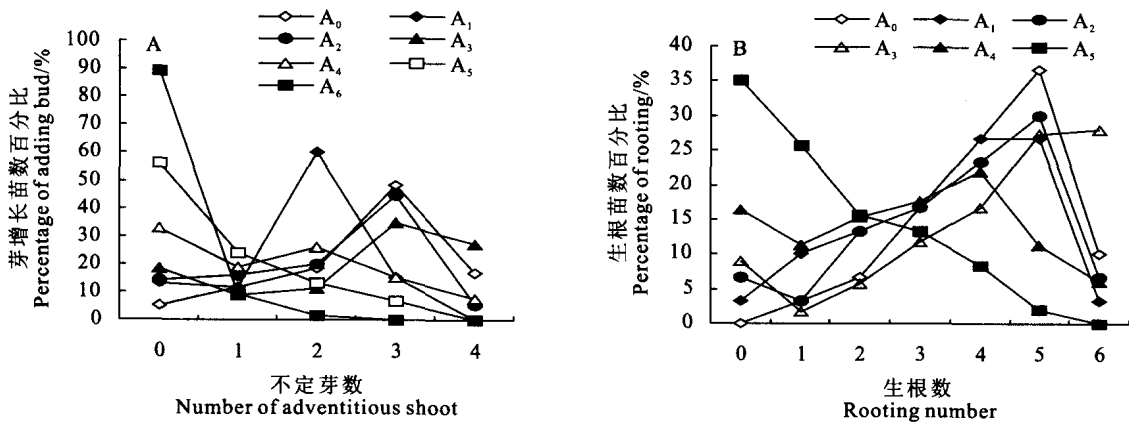


图 2 驯化后芦荟不定芽数(A)和生根性状(B)分离情况

Fig. 2 Character separation of differentiation of adventitious shoot and rooting polarization after acclimation

表 3 2 种芦荟不同浓度海水胁迫下的分化生长情况

Table 3 Differentiation of two *Aloe vera* lines on different seawater concentrations

处理 Treatment	接种苗数 Number	平均芽数 Average number		分化率 Rate of differentiation/%		平均心叶数 Average lobus cardiacus	
		南盐 1 号 Nanyan 1	库拉索 <i>Aloe vera</i>	南盐 1 号 Nanyan 1	库拉索 <i>Aloe vera</i>	南盐 1 号 Nanyan 1	库拉索 <i>Aloe vera</i>
A ₀	20	3.47 aA	3.47 aA	95.01 aA	95.00 aA	3.21 aA	3.18 aA
A ₁	20	2.77 bBC	2.81 bB	94.52 aA	85.33 bB	2.62 bB	2.01 bB
A ₂	42	2.99 bB	1.96 cC	94.00 aA	55.33 cC	2.81 bAB	1.93 bB
A ₃	105	3.40 aA	1.44 dCD	88.25 bA	37.00 dD	3.22 aA	1.17 cBC
A ₄	228	2.47 cC	1.06 eD	67.83 cB	18.33 eE	2.11 cC	0.32 dC
A ₅	353	1.70 dD	0.00 fE	46.92 dC	0.00 fF	1.10 dD	0.00 eD
A ₆	100	1.12 eE	0.00 fE	15.18 eD	0.00 fF	0.00 eE	0.00 eD

注:不同的大小写字母分别表示 1%和 5%水平的差异显著性,下同。

Note: The different capital or normal letter mean significant different at the 1% or 5% level, respectively. The same as below.

曲,心叶多数停止增长,芦荟几乎不分化或分化芽短小肥厚(图版 I,6)。

2.3 海水浓度对‘南盐 1 号’与库拉索芦荟分化苗生根的影响

‘南盐 1 号’与库拉索芦荟分化苗生根状态在不同浓度海水胁迫下发生了显著变化(表 4)。其中,‘南盐 1 号’在 10%海水条件下生根培养时,心叶增长、平均生根数、平均根长、平均株高比常规培养(A₀)极显著减少($P<0.01$)(图版 I,8);而在 20%海水下培养时,芦荟营养生长正常,平均心叶增长、平均生根数、平均根长、平均株高比 10%海水培养显著增加($P<0.01$);30%海水时,芦荟生长最旺盛,平均生根数、平均根长、平均株高与常规培养没有显著差异;40%海水时,平均心叶增长、平均生根数和平均株高均比常规培养极显著降低($P<0.01$),与 10%海水处理没有显著差异(图版 I,10);60%海水生根培养时,大多数植株皱缩弯曲,但仍有一部分植

株依然健壮生长(图版 I,12)。而对库拉索芦荟来说,至 30%海水处理时根数与根长均开始显著下降($P<0.01$)。‘南盐 1 号’生根生长(图版 I,8、10、12)比库拉索(图版 I,7、9、11)有明显的优势。

2.4 不同浓度海水灌溉对入圃生根苗生长的影响

‘南盐 1 号’组培生根苗移栽入圃成活率显著高于库拉索芦荟(表 5),返青最快的还是用淡水灌溉的两种芦荟生根苗,随着灌溉海水浓度相应加大,芦荟苗返青逐渐减慢。其中,‘南盐 1 号’生根苗在 10%~30%浓度海水浇灌 7 d 后,长出很多白色壮根,其在 40%~50%海水浇灌 10 d 后也长出壮根,根系发达;缓苗期过后,10%~40%各海水浓度灌溉的芦荟生长正常;50%海水浇灌的芦荟植株部分植株皱缩弯曲,但部分依然生长正常(图版 I,14、16、18)。而库拉索芦荟从 20%海水处理起,盐胁迫症状明显(图版 I,13、15、17)。与库拉索芦荟相比,驯化获得的‘南盐 1 号’芦荟海水耐受性从 25%~

表 4 ‘南盐 1 号’不同浓度海水下芦荟生根苗生根情况
Table 4 Rooting of *Aloe vera* ‘Nanyan 1’ on different seawater concentrations after acclimation

处理 Treatment	接种苗数 Inoculated number	平均根数 Average number of roots/plant		平均根长 Average root length/cm		平均株高 Average plant height/cm	
		南盐 1 号 Nanyan 1	库拉索 <i>Aloe vera</i>	南盐 1 号 Nanyan 1	库拉索 <i>Aloe vera</i>	南盐 1 号 Nanyan 1	库拉索 <i>Aloe vera</i>
A ₀	100	4.17 aA	4.22aA	5.3 aAB	5.5 aA	7.8 aA	7.9 aA
A ₁	100	2.87 cB	4.19 aA	4.3 bBC	4.3 bB	5.9 bB	6.8 bB
A ₂	10	3.63 bA	4.15 aA	4.8 bcABC	4.3 bB	7.6 aA	5.3 cC
A ₃	100	4.19 aA	4.06 bB	5.6 aA	4.1 bB	8.1 aA	4.7 cC
A ₄	100	2.76 cB	1.86 cC	4.1 cC	3.5 cB	5.7 bcB	3.1 dD
A ₅	100	1.61 dC	0.82 dD	2.8 dD	1.6 dC	5.2 cB	2.3 eD

表 5 不同浓度海水灌溉对两种芦荟入圃生根苗生长的影响
Table 5 The growth of two *Aloe* rooting seedlings in garden with different seawater concentrations

处理 Treatments	返青情况 Reviving situation		生根情况 Rooting situation		成活率 Survival rate/%	
	南盐 1 号 Nanyan 1	库拉索 <i>Aloe vera</i>	南盐 1 号 Nanyan 1	库拉索 <i>Aloe vera</i>	南盐 1 号 Nanyan 1	库拉索 <i>Aloe vera</i>
A ₀	最快,绿 Most quickly green	最快,绿 Most quickly green	7 d 长根,根白色、壮 Rooting in 7 d,white and strong root	7 d 长根,根白色、壮 Rooting in 7 d,white and strong root	94.7 aA	95.2 aA
A ₁	快,绿 Quickly green	快,浅绿色 Quickly, aqua	7 d 长根,根白色、壮 Rooting in 7 d,white and strong root	7 d 长根,根白色、壮 Rooting in 7 d,white and strong root	93.6 aA	94.3 aA
A ₂	较快,浅绿色 More quickly, aqua	较快,浅绿色 More quickly, aqua	7 d 长根,根白色、壮 Rooting in 7 d,white and strong root	10 d 长根,根白色、壮 Rooting in 10 d,white and strong root	94.5 aA	92.1 aAB
A ₃	较快,浅紫红色 More quickly, lilac	慢,浅紫红色 Slowly,lilac	7 d 长根,根白色、壮 Rooting in 7 d,white and strong root	10 d 长根,根白色、壮 Rooting in 10 d,white and strong root	94.2 aA	87.5 bB
A ₄	慢,浅紫红色 Slowly,lilac	不长,紫红色 No growth, fuchsia	10 d 长根,根白色、壮 Rooting in 10 d,white and strong root	14 d 长根,根灰白色、细长 Rooting in 14 d, gray,slender root	85.3 bB	65.9 cC
A ₅	慢,紫红色 Slowly,fuchsia	枯死,枯黄色 Withered yellow blight	10 d 长根,根白色、壮 Rooting in 10 d,white and strong root	18 d 长根,部分灰褐色,根纤细 Rooting in 18 d,some root grey brown and thin	86.6 bAB	48.7 dD

30%海水比例提高到40%~50%。

2.5 大田海水灌溉对芦荟耐盐株系生长的影响

从图3,A可以看出,30%海水灌溉1年(20次,每次每公顷灌溉量约750 t)后,‘南盐1号’地上部鲜重同淡水灌溉没有显著差异,而库拉索芦荟在30%海水灌溉时地上部鲜重比淡水灌溉显著减产达15%~20%;同时,除淡水灌溉的2品种地上部鲜重

没有显著差异外,30%和60%海水处理下‘南盐1号’地上部鲜重均显著高于库拉索芦荟。海水灌溉对2种芦荟根部的影响与叶茎趋势相似,只是60%海水处理下两者根系生物量无显著差异(图3,B)。另外,大田海水灌溉下2种芦荟的长势长相也表现出明显的差别,‘南盐1号’显示出更强的耐盐性(图版I,19~22)。

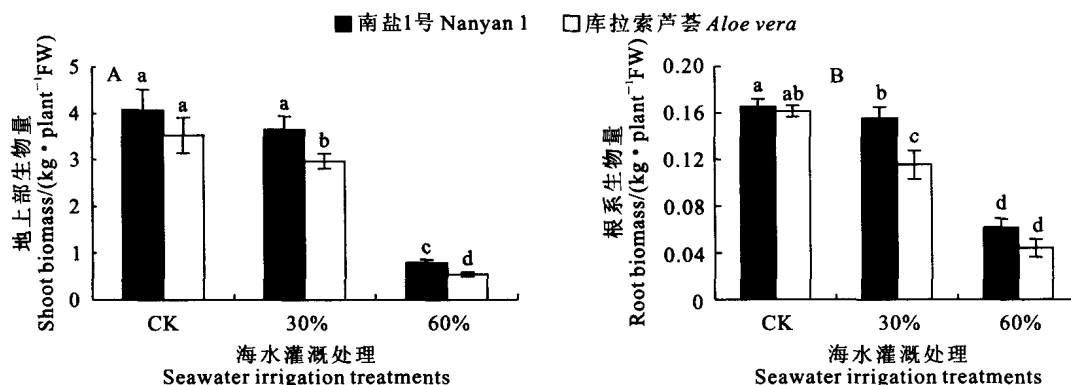


图3 大田海水灌溉对两种芦荟地上部(A)和根(B)鲜重的影响

Fig. 3 Effects of different proportion seawater irrigation on fresh weights of shoot (A) and root (B) of two *Aloe* lines

3 讨论

利用海水组培方法选育高耐海水品种具有广阔的前景,曾有利用1/3海水培养基筛选豆瓣菜耐盐变异体的报道^[8]。长期盐胁迫下,环境信息都可以或多或少地记录到生物上,使其获得抗逆反应和抗逆性,以适应不同的环境^[9]。本实验在组培基质中渐进添加海水,芦荟各种器官和组织通过不同的调控机制,产生相应的结构、功能、生理生化变化,以适应盐环境。随着盐分浓度的加大,植株的优良性状分离明显,从而高效筛选出芦荟耐盐株系。

盐胁迫驯化前的芦荟组培苗随着海水浓度的增加,芽分化率和生根率递减;而驯化获得的‘南盐1号’芦荟组培苗在20%和30%海水处理下的分化芽数、分化率、生根数等指标与相应淡水处理没有差异。在培养基中添加50%浓度海水时芦荟性状分离最明显,部分耐盐株系生长依然旺盛,优良性状稳

定;在60%海水浓度时,芦荟几乎不分化或分化畸形,因此,50%海水浓度为芦荟耐盐分化株系筛选合适浓度。

适当的盐胁迫处理促进芦荟根生长。随着芦荟苗根系健壮生长,植株地上部逐渐恢复正常生长。50%浓度海水浇灌下‘南盐1号’芦荟入圃苗依然健壮,表现出其很强的海水耐受性。大田海水灌溉1年的结果表明,芦荟耐盐品系——‘南盐1号’无论从地上部产量还是从根部生长来考察,同库拉索芦荟相比均显著地增强了适应海水胁迫能力。

Ca^{2+} 对盐胁迫下植物伤害的缓解为众多研究所证实^[10,11]。寇伟锋^[12]、隆小华^[13]等的研究发现,海水处理可以显著提高植物生长部位的 Ca^{2+} 含量,缓解盐分对光合作用的伤害。‘南盐1号’芦荟是否也有类似的耐盐机制,以及其耐盐性的遗传特性如何?这都将有待于进一步研究与探索。

参考文献:

- [1] LÜ ZH J(吕忠进), EDWARD P GLENN. The whole seawater irrigated crop plant——*Salicornia bigelovii* Torr. (previous)[J]. *World Agriculture*(世界农业), 2001, 2: 14–16(in Chinese).
- [2] JIN Z M, WANG CH H, LIU ZH P, GONG W J. Physiological and ecological characters studies on *Aloe vera* under soil salinity and seawater irrigation[J]. *Process Biochemistry*, 2007, 42(4): 710–714.
- [3] ZHENG Q S(郑青松), LIU L(刘玲), LIU Y L(刘友良), LIU ZH P(刘兆普). Effects of salt and water stresses on osmotic adjustment

- and osmotic accumulation in *Aloe vera* seedlings[J]. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology* (植物生理与分子生物学报), 2003, **29**(6): 585–588(in Chinese).
- [4] ZHENG Q S(郑青松), LIU ZH P(刘兆普), LIU Y L(刘友良), LIU L(刘 玲). Effects of salt and water stresses on growth and ionic absorption and distribution in *Salicornia europaea*, *Aloe vera* and *Helianthus annuus* seedlings[J]. *Journal of Nanjing Agricultural University* (南京农业大学学报), 2004, **27**(2): 16–20(in Chinese).
- [5] LIU L(刘 联), LIU L(刘 玲), LIU ZH P(刘兆普), FU Y SH(符永生), YUN Y(云 艳), DENG L Q(邓力群), CHEN M D(陈铭达). Study on *Aloe vera* L. irrigated by seawater in the sea-beach of South China[J]. *Journal of Natural Resources* (自然资源学报), 2003, **18**(5): 423–429(in Chinese).
- [6] MAO G L(毛桂莲), XU X(许 兴). Studies on in vivo selection of salt-tolerant mutant of *Lycium barbarum* L. and its physiological and biochemical characteristics[J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.* (西北植物学报), 2005, **25**(2): 275–280(in Chinese).
- [7] ZHANG J H(张建华), CHEN H Y(陈火英), ZHUANG T M(庄天明). In vitro selection of salt-resistant mutant in *Lycopersicon esculentum* [J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.* (西北植物学报), 2002, **22**(2): 257–262(in Chinese).
- [8] MIAO Y(缪 颖), WU B H(伍炳华). The acquirement of stress response characteristics and signal transduction in plants[J]. *Plant Physiology Communications* (植物生理学通讯), 2001, **37**(1): 71–75(in Chinese).
- [9] WU J M(吴家梅), LIU ZH P(刘兆普), ZHAO G M(赵耕毛), TANG Q ZH(唐奇志), CHEN M D(陈铭达). Effect of treatment with different concentrations of seawater on chlorophyll content and ultrastructure of aloe[J]. *Journal of Nanjing Agricultural University* (南京农业大学学报), 2003, **26**(3): 113–116(in Chinese).
- [10] MAHAJAN S, PANDEY G K, TUTEJA N. Calcium- and salt-stress signaling in plants; Shedding light on SOS pathway[J]. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 2008, **471**(2): 146–158.
- [11] MAHAJAN S, TUTEJA N. Cold, salinity and drought stresses: An overview[J]. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 2005, **444**(2): 139–158.
- [12] KOU W F(寇伟锋), LIU ZH P(刘兆普), CHEN M D(陈铭达), ZHENG Q S(郑青松), ZHAO G M(赵耕毛), ZHENG H W(郑宏伟). Effects of sea water at different concentrations on the photosynthesis and chlorophyll-fluorescence properties of oil sunflower seedlings [J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.* (西北植物学报), 2006, **26**(1): 73–77(in Chinese).
- [13] LONG X H(隆小华), LIU ZH P(刘兆普), XU W J(徐文君). Effects of seawater treatments on the physiological and biochemical characteristics of *Helianthus tuberosus* seedlings and response to phosphorus supply[J]. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), 2006, **30**(2): 307–313(in Chinese).

图版说明:

图版 I 1、2. 在 A_1 培养基的芽分化情况: 1. 库拉索, 2. 南盐 1 号; 3、4. 在 A_4 培养基的芽分化情况: 3. 库拉索, 4. 南盐 1 号; 5、6. 在 A_6 培养基的芽分化情况: 5. 库拉索, 6. 南盐 1 号; 7、8. 在 A_1 培养基生根情况: 7. 库拉索, 8. 南盐 1 号; 9、10. 在 A_4 培养基的生根情况: 9. 库拉索, 10. 南盐 1 号; 11、12. 在 A_6 培养基的生根情况: 11. 库拉索, 12. 南盐 1 号; 13~18. 在苗圃分别用 20% (图 13、14), 30% (图 15、16), 60% (图 17、18) 海水灌溉下的生长情况: 13、15、17. 库拉索, 14、16、18. 南盐 1 号; 19~22. 在大田用 30%、60% 海水灌溉下生长情况: 19、21. 库拉索芦荟 (F_0), 20、22. 南盐 1 号 (F_{650}).

Explanation of plate:

Plate I Fig. 1, 2. Differentiation of *Aloe vera* L. on 10% seawater concentrations; Fig. 1. *Aloe vera* L., Fig. 2. Nanyan 1; Fig. 3, 4. Differentiation of *Aloe vera* L. on 30% seawater concentrations; Fig. 3. *Aloe vera* L., Fig. 4. Nanyan 1; Fig. 5, 6. Differentiation of *Aloe vera* L. on 60% seawater concentrations; Fig. 5. *Aloe vera* L., Fig. 6. Nanyan 1; Fig. 7, 8. Rooting of *Aloe vera* L. on 10% seawater concentrations; Fig. 7. *Aloe vera* L., Fig. 8. Nanyan 1; Fig. 9, 10. Rooting of *Aloe vera* L. on 30% seawater concentrations; Fig. 9. *Aloe vera* L., Fig. 10. Nanyan 1; Fig. 11, 12. Rooting of *Aloe vera* L. on 60% seawater concentrations; Fig. 11. *Aloe vera* L., Fig. 12. Nanyan 1; Fig. 13~18. Effects of the with 20% (Fig. 13, 14), 30% (Fig. 15, 16), 60% (Fig. 17, 18) seawater concentrations on the growth of *Aloe vera* L. rooting seedlings in garden; Fig. 13, 15, 17. *Aloe vera* L., Fig. 14, 16, 18. Nanyan 1; Fig. 19~22. The growth of two *Aloe* in the field with 30% and 60% of irrigation seawater; Fig. 19, 21. *Aloe vera* L. (F_0), Fig. 20, 22. Nanyan 1 (F_{650}).

图版 I Plate I

