

沙质海滩海水连续灌溉对芦荟生长发育的影响

王学勤¹, 刘兆普², 赵耕毛², 郑青松², 陈健妙⁴, 云燕³, 符永升³, 刘玲²

(1. 北京大学环境学院, 北京 100871; 2. 南京农业大学资源与环境科学学院, 江苏 南京 210095;

3. 南京农业大学(海南)滩涂农业研究所, 海南 乐东 572541; 4. 海南省农业科学研究院, 海南 海口 571100)

摘要: 海南海涂沙滩(非耕地)库拉索芦荟从苗期至叶片采摘期连续3 a的海水小区灌溉试验结果表明:①不同生长发育期海水灌溉对芦荟地上部产量影响不同,2000年11月至2003年3月(苗期),10%、25%海水两处理地上部产量(干物质,下同)同淡水灌溉处理(CK,下同)没有显著差异,从50%海水处理开始,随着海水比例的增加,库拉索芦荟地上部产量显著下降;随着灌溉时间的延长,至芦荟叶片采收期(2004年5月),10%、25%、50%三个处理与CK比地上部产量没有显著差异,而从75%海水处理起,其地上部产量开始显著下降。②海水灌溉芦荟幼苗始期(2000年11月初至2001年1月底),与CK比较,所有比例的海水处理芦荟根的生长量(干重,下同)均显著下降,随着灌溉时间的延长(至2003年3月),从75%海水灌溉处理起,其根生长量开始显著下降,而且25%海水处理芦荟根的生长量显著高于CK,至2004年5月的叶片采收期,75%、100%比例海水处理芦荟根的生长量显著低于CK,而其它处理与CK没有差异。③土壤各层次含盐量在2000年11月至2003年3月的灌溉处理期间内,无规律性的变化,而至2004年5月,无论是耕层土,还是底层土,随着海水比例的增加,盐分含量呈显著增加的趋势。但即使全海水灌溉,土壤含盐量仍在0.2%以下。④土壤各灌溉处理速效磷变化差异不显著,总体上速效磷水平较低;海水灌溉显著提高了耕层土的速效钾含量,而CK处理中,耕层土速效钾含量在20 mg/kg以下。

关键词: 沙质海滩;海水连续灌溉;库拉索芦荟;生长量;土壤含盐量

中图分类号: S273 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)06-0035-04

海水灌溉农业是充分利用海涂非耕地资源,非淡水灌溉的一种新型农业,已成为世界各国科学研究的热点^[1~3]。库拉索芦荟(*Aloe vera* L.)是百合科(*Liliaceae*)多年生草本植物,具有较强的耐旱、耐盐能力^[4~6]。虽然芦荟因为它的广泛的应用价值而被广泛栽培和研究,但是有关不同的生长条件、环境对芦荟生长的效应研究较少。生产中多采摘3~4 a生芦荟叶片为原料进行加工利用,为结合生产实际,我们从2000年11月起,在南京农业大学海南滩涂农业研究所大田进行库拉索芦荟海水灌溉小区试验,在对库拉索芦荟苗期、营养生长期(2年4个月)海水灌溉研究的基础上^[5],又进行海水连续灌溉试验至芦荟叶片采收期(共3年6个月),分别于2001年1月、2003年3月和2004年5月采集芦荟植株与土壤样品,研究海水连续灌溉库拉索芦荟至叶片采收期时,芦荟不同发育期的生长特征与沙滩盐分和养分动态变化,以探索持续利用沿海沙滩与海水资源高产栽培库拉索芦荟的可行性,为海涂非耕地资源与海水资源农业循环利用提供技术储备。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料为美国库拉索芦荟。在海南海东太阳城中试基地的砾质沙土、非耕地上进行,砂粒(2.00~0.02 mm)占69.35%,粉粒(0.02~0.002 mm)占30.45%,粘粒(<0.002 mm)0.3%。2000年8月10日定植芦荟苗,芦荟株行距60 cm×50 cm,小区面积为5.5 m×4.0 m=22 m²,每小区54株,随机区组排列,重复3次。缓苗3个月,于2000年11月10日开始用不同处理的海淡混合水灌溉。六个处理的淡、海水配比如下:A1(CK):100:0; A2:90:10, 电导值(EC_{27.3},下同)4.2 dS/m; A3:75:25, EC_{27.3} 10.85 dS/m; A4:50:50, EC_{27.3} 19.1 dS/m; A5:25:75, EC_{27.3} 28.4 dS/m; A6:0:100, EC_{27.3} 39.2 dS/m。小区埋设水分张力计,张力计显示2.1 MPa时灌溉,每次每小区灌溉定额为1 t,3年6个月共灌溉218次。小区间用薄膜隔离,以防止相互渗透。植苗期每小区施250 kg牛粪+12.5 kg二级过磷酸钙作基肥,每次灌溉时按0.2%浓度复合肥水混灌。2003年4月按每小区500 kg牛粪+25 kg二级过磷

收稿日期:2006-04-25

基金项目:国家863项目“微咸水、再生水高效安全利用技术”(2004AA2Z4061);“滩涂海水灌溉农业示范”(2003AA627040)

作者简介:王学勤(1971-),山东诸城人,副研究员,主要从事资源平台研究。E-mail:sea@njau.edu.cn。

酸钙在根部穴施 1 次。于 2001 年 1 月、2003 年 3 月和 2004 年 5 月按每小区随机取样采收 12 株芦荟,按叶序分存于超低温冰箱备用。分别对每张叶片及根单独测定鲜重、干重等各项指标。于 2003 年 3 月、2004 年 5 月采用对角线法同时按 0~5、5~20、20~40、40~60 cm 分层采集土样晾干备用。

1.2 分析方法

按叶序分别称出每张叶片的鲜重、干重,获得每株鲜重与干重,计算其产量,土壤含盐量由常规方法^[7]测得,有效磷用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提—钼铁抗比色法^[7]测定,速效钾用 1 mol/L NH₄OAC 浸提—火焰光度计法^[7]。

2 结果与分析

2.1 海水灌溉对不同生长期芦荟生长的影响

图 1 反映了库拉索芦荟从苗期至始花期(2000.11.10~2003.3)及进入芦荟叶片采收期后(2003.3~2004.5)海水灌溉处理对其叶片产量的影响。库拉索芦荟在苗期至始花期,50%、75%、100%海水灌溉处理叶片产量显著下降,而 10%、25%海水灌溉处理叶片产量与对照没有显著差异,该期间叶片的年产量也呈同样的变化趋势(图 2,2003.3);再继续灌溉 1 年 2 个月,至 2004 年 5 月,仅 75%、100%两处理芦荟叶片产量显著下降,而 50%、25%、10%的海水灌溉对芦荟地上部的产量没有显著影响。2003 年 3 月至 2004 年 5 月的芦荟叶片的年生长量随着海水比例升高而增加(图 2,2004.5),一方面由于随着海水胁迫时间的延长,芦荟抗盐性增加^[8,9],另一

方面,海水处理前期芦荟生长量较小,而淡水处理芦荟植株大部分已开始现蕾,转入生殖生长期,叶片生长缓慢,好多植物生长特征都是如此^[10,11]。从芦荟每株叶片数的变化可以发现,仅 100%的海水灌溉处理每株叶片数显著下降,而其它处理间叶片数无显著差异(图 3)。

海水灌溉对缓苗后 3 个月内的芦荟根的生长影响较大;随着海水比例的增加,芦荟根的生长量明显下降,而至 2003 年 3 月(连续灌溉 2 年 4 个月),25%比例海水处理芦荟根的生长量显著高于 CK(图 4),这与盆栽试验的结果一致^[8],而 10%、50%两处理芦荟根的生长量与对照没有显著差异。至 2004 年 5 月,50%、25%、10%三个处理芦荟根生长量与 CK 的差异均不显著(图 5)。

2.2 海水连续灌溉对土壤化学性状的影响

前两年多的海水灌溉土壤盐分无规律性的变化,耕层中除 25%处理外,其它各处理同对照没有显著差异,而在 40~60 cm 土层中海水灌溉的盐分积累效应开始显现出来(图 6)。当海水连续灌溉 3 年 6 个月(2004 年 5 月),无论是表层,还是底层,随着灌溉水中海水比例的增加,土中盐分含量呈显著增加的趋势,且从剖面底层到表层,盐分积累越来越明显(图 7)。但未超过 2 g/kg 的范围。

土壤表层有效磷的变化随着海水比例的增加呈增加的趋势,但未达显著水平(图 8),而土中速效钾的含量无论是表层还是底层,均随海水比例升高而显著增加,而且土壤表层速效钾增加的趋势更加显著(图 9),这将十分有利于海水胁迫下的库拉索芦荟的生长。

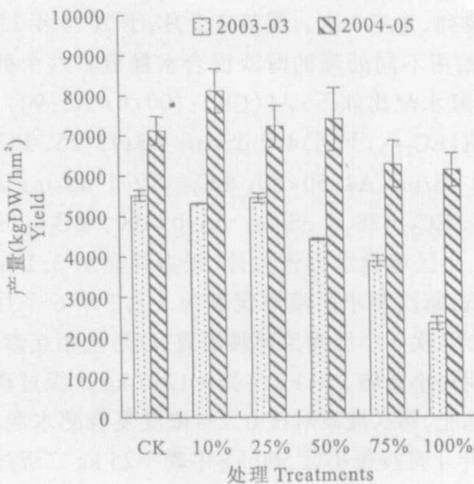


图 1 海水灌溉各处理间芦荟叶片产量

Fig. 1 Aloe shoot yield under different seawater irrigation

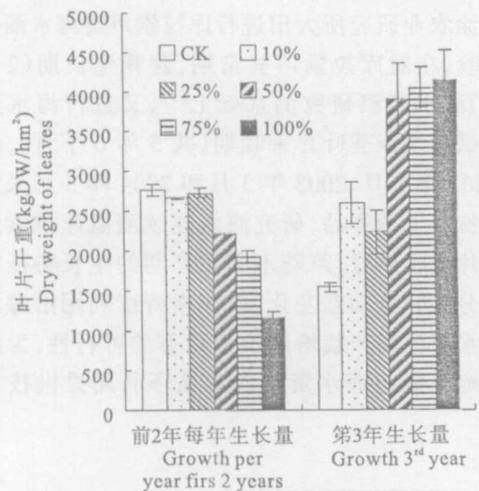


图 2 海水灌溉对芦荟叶片干重的影响

Fig. 2 Aloe leaf dry weight under different seawater irrigation

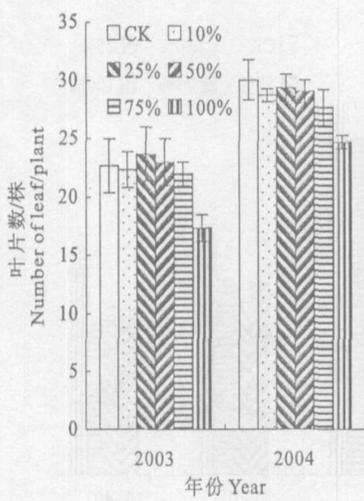


图 3 不同海水灌溉年限芦荟叶片数

Fig.3 Number of *aloe* leaf under different seawater-irrigated years

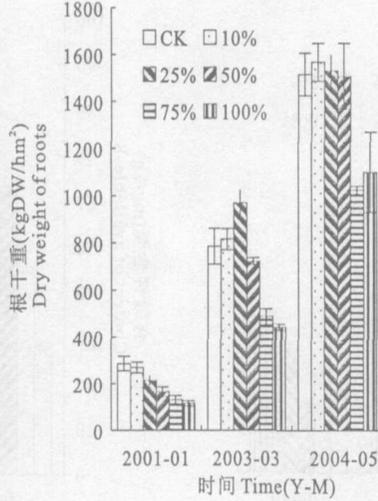


图 4 海水连续灌溉芦荟根干重

Fig.4 *Aloe* root dry weight under different seawater irrigation

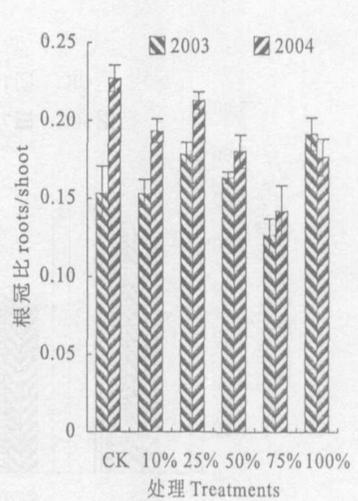


图 5 海水灌溉年限对芦荟根冠比的影响

Fig.5 *Aloe* root/shoot under different seawater-irrigated years

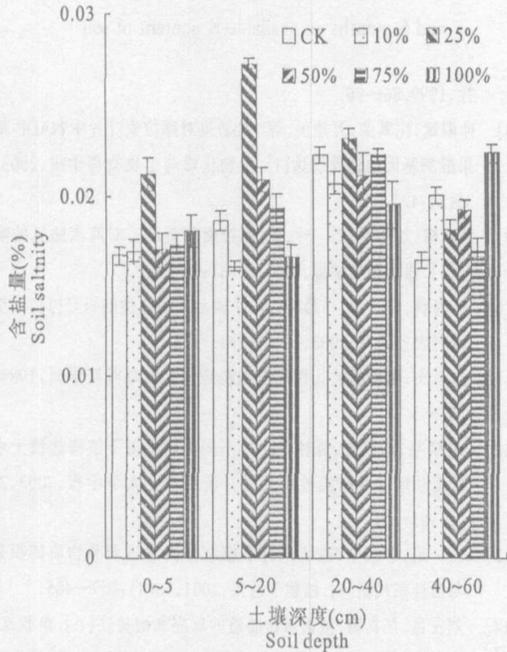


图 6 海水灌溉 2 年 4 个月对土壤盐分含量的影响

Fig.6 Effect of seawater irrigation for 2 years and 4 months on soil salinity

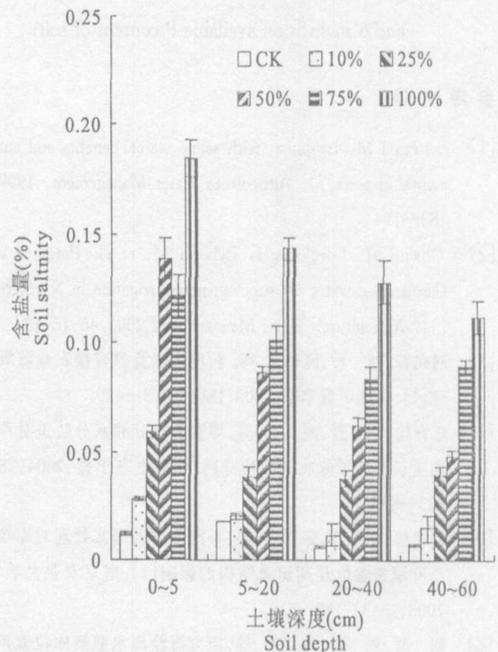


图 7 海水灌溉 3 年 6 个月对土壤盐分含量的影响

Fig.7 Effect of seawater irrigation for 3 years and 6 months on soil salinity

3 讨论

库拉索芦荟为多年生草本药用植物,从其苗期至叶片收获期进行了海水连续灌溉大田试验,表明库拉索芦荟沙质海滩可以用高浓度海水灌溉,一方面因为库拉索芦荟具有较强的耐海水能力(苗期砂培、水培试验均证明了这一点)^[4,5,8,9],适度海水胁迫显著促进库拉索芦荟根的生长^[10],这对芦荟后期生长极为有利。芦荟采收期比苗期、营养生长期耐海水能力明显增强,至 2004 年 5 月,即使 75%海水

连续灌溉处理,芦荟叶片产量比淡水灌溉仅减产 12.45%,而 50%海水处理叶片产量与淡水处理没有差异。另一方面,海南沙质海滩以沙粒、粉沙为主,利于盐分淋洗;且海南的降雨量大,降雨多为大到暴雨,而这样的降雨强度十分有利盐分的淋洗^[12];高比例的海水连续灌溉,土壤中的速效钾含量显著增加,缓解了土壤中严重缺钾的矛盾(淡水灌溉处理土壤速效钾只有 20 mg/kg),而丰富的 K⁺可以显著提高植物的抗盐能力^[13,14]。

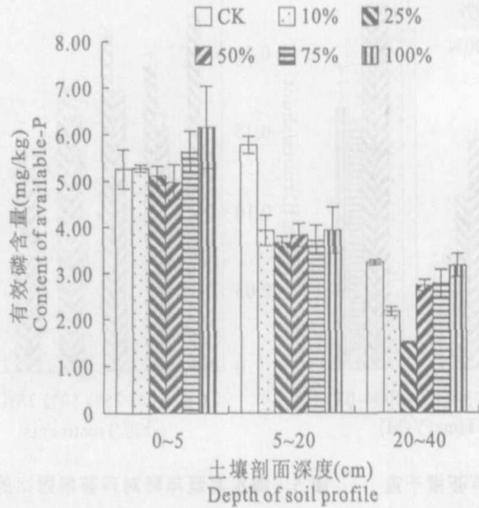


图 8 海水灌溉 3 年 6 个月土壤有效磷变化

Fig.8 Effect of seawater irrigation for 3 years and 6 months on available-P content of soil

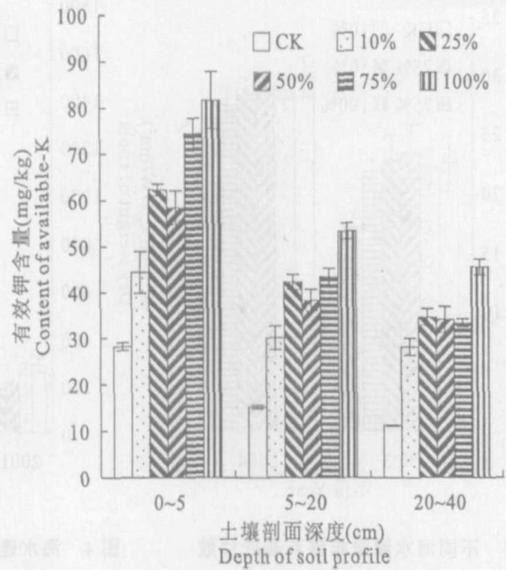


图 9 海水灌溉 3 年 6 个月土壤有效钾变化

Fig.8 Effect of seawater irrigation for 3 years and 6 months on available-K content of soil

参考文献:

- [1] Beltran J M. Irrigation with saline water; benefits and environmental impacts[J]. Agriculture Water Management, 1999, 40: 183-194.
- [2] Ghadiri H, Dordipour I, Bybordi M, et al. Potential use of Caspian Sea water for supplementary irrigation in Northern Iran [J]. Agriculture. Water Management, 2005, 46: 1-15.
- [3] 刘兆普, 刘玲, 陈铭达, 等. 利用海水资源直接农业灌溉的研究[J]. 自然资源学报, 2003, 18(4): 423-429.
- [4] 郑青松, 刘兆普, 刘友良, 等. 等渗的盐分和水分胁迫对芦荟幼苗生长和离子分布的效应 [J]. 植物生态学报, 2004, 28(6): 823-827.
- [5] 吴家梅, 刘兆普, 陈铭达, 等. 不同浓度的海水处理对库拉索芦荟叶绿素含量及其超微结构的影响[J]. 南京农业大学学报, 2003, 26(3): 113-116.
- [6] 刘联, 刘玲, 刘兆普, 等. 南方海涂海水灌溉库拉索芦荟的试验研究[J]. 自然资源学报, 2003, 18(5): 589-594.
- [7] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999. 86-96.
- [8] 孙淑斌, 沈其荣, 万建民, 等. 盐胁迫对库拉索叶片中 NADP-苹果酸酶基因的诱导表达[J]. 生物化学与生物物理学报, 2003, 35(5): 423-429.
- [9] 吴家梅, 刘兆普, 刘玲, 等. 库拉索芦荟幼苗对海水胁迫的响应[J]. 西北植物学报, 2005, 25(8): 96-99.
- [10] 米海莉, 许兴, 马雅琴, 等. 小麦品种耐盐性的研究[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(1): 134-138.
- [11] 赵可夫. 植物的抗盐性和抗盐机理[J]. 曲阜师院学报, 1984: 23-43.
- [12] 赵耕毛, 刘兆普, 陈铭达, 等. 不同降雨强度下滨海盐渍土水盐运动规律模拟实验研究[J]. 南京农业大学学报, 2003, 26(2): 51-54.
- [13] 王娟, 李德全. 逆境条件下植物体内渗透调节物质的积累与活性氧代谢[J]. 植物学通报, 2001, 18(4): 459-465.
- [14] 刘友良, 汪良驹. 植物对盐胁迫的反应和耐盐性[A]. 余叔文, 汤章城. 植物生理与分子生物学[C](第 2 版). 北京: 科学出版社, 1998. 752-769.

(英文摘要下转第 63 页)

Study on radish plastic film mulching culture and water saving technology in Bashang region in the northwest of Hebei Province

ZHANG Jun-hua^{1,2}, HUANG Wei², ZHANG Li-feng¹, ZHANG Feng-lu¹

(1. College of Agronomy, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001 China;

2. Department of Horticulture, Hebei North University, Xuanhua, Hebei 075131 China)

Abstract: The yield, water use efficiency, dry weight, soluble protein and sugar of radish under plastic film mulching with different culture ways were studied. The results showed that whatever the culture way, all indexes cited above under plastic film mulching without irrigation were superior to that of the contrasts: plastic film mulching without irrigation in ridge could save water, achieve high yield and improve quality of the radish root.

Keywords: radish; plastic film mulching; water saving; Bashang region

(上接第 38 页)

Studies on *Aloe vera* under continuous seawater irrigation in the sandy sea-beach

WANG Xue-qing¹, LIU Zhao-pu², ZHAO Geng-mao², ZHENG Qing-song²,

CHEN Jian-miao⁴, YUN Yan³, FU Yong-sheng³, LIU Ling²

(1. Environmental college, Beijing University, Beijing 210095, China; 2. College of resource and environment, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China; 3. Institute of sea-beach Agriculture, Nanjing Agricultural University, Ledong, Hainan 572541, China; 4. Hainan Academy of Agricultural Science, Haikou, Hainan 571100, China)

Abstract: Continuous seawater irrigation experiments for 3 years from seedling stage to leaf-picking stage were conducted in the sea-beach (non-cultivated land) of Hainan Province. The results showed: ① During different growth and development period, effects of seawater irrigation on shoot yield of *aloe* were different. There was no difference of shoot yield among 10%, 25% seawater and fresh water irrigation, with seawater proportion increasing from 50% seawater, shoot yield decreased significantly from November 2000 to March 2003 (from seedling period to bolting period). However, with irrigation time elongation, to leaf-picking period (May 2004), *aloe* shoot yields of 10%, 25%, 50% seawater treatment are no significant different from that of control, while shoot yield decreased under 75% seawater treatment. ② At the begin of *aloe* seedling under seawater irrigation (November 2000~January 2001), root dry mass increased under all seawater treatments decreased significantly compared with control, with irrigation time elongation to March 2003, up to 75% seawater irrigation, root growth yield began to decrease, while root growth under 25% seawater treatment was much more than that under control. To leaf-picking period of May 2004, root growth under 75% and 100% seawater treatment much lower than that under control, while the other seawater treatments were not different from control. ③ Salt content of different soil depth from November 2001 to March 2003 showed no order change. Up to May 2004, salt content in tillage soil and deep soil showed significant increasing trend, salt content in soil was below 0.2% even under 100% seawater irrigation. ④ As a whole, available-P content was low, and available-P was no significantly different in every irrigation treatments. Available-K content was below 20 mg/kg in tillage soil of control and increased markedly under seawater irrigation.

Keywords: sea-beach; continuous seawater irrigation; *aloe vera*; growth yield; salt content in soil