

半干旱地区海涂海水灌溉对不同品系菊芋产量构成及离子分布的影响*

隆小华 刘兆普[†] 王琳 蒋云芳

(南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095)

摘要 在半干旱海涂以不同品系菊芋 (*Helianthus tuberosus* L.) 为材料进行田间试验, 研究了海水灌溉对不同品系菊芋产量构成及离子分布的影响。结果表明: (1) 南芋 2 号根和地上部生物量较其他品系大, 南芋 5 号和南芋 3 号株高在各浓度海水灌溉下均显著高于其他菊芋品系, 而茎粗在各处理下变化不一致, 在 30% 海水灌溉下, 南芋 1 号根和地上部物质积累未受到抑制作用, 其他各品系菊芋的根和地上部物质积累受到了一定抑制。(2) 各菊芋品系块茎产量差异较显著, 在 30% 海水灌溉下, 南芋 2 号产量显著高于其他品系, 各菊芋品系块茎单重在各处理下差异也较显著, 南芋 1 号和 2 号块茎单重最大, 各菊芋品系块茎总糖和菊糖含量差异较显著。(3) 随海水浓度的增加, 各品系菊芋根、茎和叶的 Cl^- 和 Na^+ 含量均增加, 但品系间差异较显著, 叶片的 Na^+ 含量显著低于根和茎的 Na^+ 含量。从生物积累量和块茎产量、总糖和菊糖含量及离子分布看, 南芋 1 号和南芋 2 号较其他品系更适合在半干旱海涂利用适当浓度海水进行灌溉种植。

关键词 海水灌溉; 菊芋; 产量; 块茎; 菊糖; 离子

中图分类号 S157.7 **文献标识码** A

菊芋 (*Helianthus tuberosus* L.) 属菊科向日葵属, 是为数不多的抗逆高产、高密度能源植物。该植物耐寒、耐旱、耐贫瘠、耐盐碱, 产量潜力大 (每公顷可产 50×10^3 kg 以上的块茎), 其能源密度高, 可作为工业酒精的上乘原料, 每公顷每年生产的块茎可以转化成 4 500 L 乙醇和碳氢燃料^[1,2], 地上部茎秆是造纸的上乘原料, 同时是较好的膳食纤维, 其叶片也是生产抗氧化剂和生物杀虫剂等的较好原料, 可在我国沿海海涂和内陆荒漠、盐碱地大面积种植。在滩涂地、沿海岸被海水侵袭的盐碱地荒漠沙地上种植菊芋, 可以为人类提供更多的生物质资源, 创造更多的就业机会, 同时节约农本, 减少滩涂水土流失, 加速滩涂土壤的熟化过程, 可以充分利用海涂非耕地资源、非灌溉水-海水资源, 获得经济、生态和社会三重效益^[3~7]。本试验以不同品系菊芋为试验材料, 研究在半干旱海涂海水灌溉对不同品系菊芋生长及产量构成的影响, 以期选育适宜沿海海涂大面积推广种植的耐海水且高产优质的菊芋品种提供

理论依据, 为海涂非耕地资源与海水资源农业循环利用提供技术存储。

1 材料与方法

1.1 试验地点与供试土壤

试验于 2005 年在南京农业大学山东莱州 863 中试基地进行。试验地土壤性质见表 1。

1.2 试验处理

本试验以南芋 1 号、2 号、3 号、5 号、6 号、7 号和 8 号为试验材料, 分别由野生种经海水灌溉筛选驯化得到, 海水浓度设 0% (对照)、30% 和 50% 三个水平 (莱州湾海水基本理化性质见表 2), 重复 3 次, 共 63 个小区, 随机区组排列。小区长 4.0 m、宽 2.5 m, 各小区之间用宽 0.5 m、厚 0.12 mm 的塑料膜隔开, 下埋 0.4 m, 地表 0.1 m, 小区间覆垄 0.15 m, 以防侧渗和互溢。平整小区, 起垄栽培, 菊芋块茎膨大前期根部培土, 播种密度 30 cm × 60 cm。播种时施足基

* 国家科技支撑项目 (2006BAD09A04 - 05 和 2006BAD09A08 - 03 - 01) 资助

[†] 通讯作者, Tel: 025-84396678; Fax: 025-84396678; E-mail: sea@njau.edu.cn

作者简介: 隆小华 (1979 ~), 男, 江苏丹阳人, 博士研究生, 主要从事近海岸带资源研究与开发

收稿日期: 2006 - 01 - 24; 收到修改稿日期: 2006 - 04 - 10

表 1 试验地土壤性质

Table 1 Soil properties of experimental field

剖面深度		含盐量	有机质	砂粒	粉粒	粘粒	容重
Depth	pH	Salt content	Organic matter	Sand	Silt	Clay	Bulk density
(cm)		(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g cm ⁻³)
0~20	7.55	0.379	10.52	817.0	98.4	84.6	1.27
20~40	7.50	0.401	4.42	826.3	80.7	93.0	1.58
40~60	8.17	0.480	2.84	826.1	80.5	93.4	1.50
60~80	7.71	0.647	—	859.9	69.1	71.0	1.48
80~100	7.94	0.731	—	855.6	70.3	74.1	1.50

肥,分别在块茎膨大初期和开花初期灌溉两次,灌溉总定额为 1 600 m³ hm⁻²。试验于 2005 年 3 月下旬播种,11 月中旬收获,定期观测菊芋的生长指标,记录其生长期间病虫害等发生情况,用 SM1 雨量器准

确量得菊芋整个生育期的降雨量为 358 mm。收获时按小区单刨、单收、称鲜重,将已采植株样及占用面积扣除后计算单位面积产量。主茎统一测离地面 5 cm 处的粗度。

表 2 莱州湾海水基本性质

Table 2 Basic properties of Laizhou bay seawater

样品	pH	阴离子 Anion (g L ⁻¹)				阳离子 Cation (g L ⁻¹)				含盐量
		CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Salinity (g L ⁻¹)
海水	8.30	—	0.13	17.52	3.87	0.79	1.03	0.60	9.48	33.33
Seawater										

1.3 测定方法

1.3.1 菊芋果聚糖提取的工艺流程 菊芋烘干后称重,100 °C 灭酶 5 min,然后破碎加水萃取,榨汁过滤并榨汁,测定萃取液体积,备用。

1.3.2 菊芋汁还原糖的测定 菊芋汁经适当稀释后过滤,取滤液 1 ml 加入 1 ml 的 DNS (3,5-二硝基水杨酸)试剂,混匀后于沸水浴中加热 5 min,然后迅速冷却并定容至 10 ml,于 540 nm 比色测定吸光值,最后根据标准曲线计算还原糖的含量。

1.3.3 菊芋汁总糖的测定 取 5 ml 菊芋汁加 2.15 ml 的浓 HCl 溶液,用蒸馏水定容至 25 ml,然后采用沸水浴杀菌 30 min,冷却后用 6 mol L⁻¹ 的 NaOH 溶液调节 pH 值至中性,用蒸馏水定容至 50 ml 并过滤,最后取滤液按 1.3.2 法测定还原糖含量,总糖含量 = 还原糖含量 × 0.9,菊糖含量 = 总糖含量 - 还原糖含量。

1.3.4 Na⁺ 和 Cl⁻ 的测定 收获时,各小区取分别随机取植株根、茎和叶统一部位,烘干磨细过 30 目筛,参照王宝山等^[8]的方法,用 TAS-986 火焰原子吸收分光光度计测定 Na⁺ 含量,滴定法测定 Cl⁻ 含量^[9]。

2 结果与分析

2.1 不同处理对各品系菊芋根及地上部生物量、株高和茎粗的影响

如表 3 所示,南芋 1 号根和地上部生物量在 30 % 海水处理下较 0 % 和 50 % 海水处理高,其他各品系菊芋的根和地上部生物量随着海水浓度的增加均降低,尤其南芋 6 号,在 50 % 海水处理下,下降幅度分别达 53.1 % 和 37.5 %。各处理下,南芋 2 号根和地上部生物量均较其他品系高,南芋 7 号地上部生物量最低,在 50 % 海水灌溉下,南芋 6 号根生物量下降幅度最大。

南芋 5 号和 3 号株高在各浓度海水灌溉下均显著高于其他菊芋品系,各菊芋品系的株高在 30 % 海水处理下均高于 0 % 和 50 % 海水处理,在 50 % 海水灌溉下株高较 0 % 海水处理已显著下降。随着海水浓度的增加,各菊芋品系的茎粗变化不一致,南芋 1 号、3 号和 8 号在 30 % 海水灌溉下较 0 % 和 50 % 海水处理下粗,其他菊芋品系均在 0 % 海水灌溉下最粗,除南芋 8 号,其他菊芋品系茎粗在 50 % 海水灌溉下较对照均显著降低(表 4)。

表 3 不同浓度海水处理对不同品系菊芋单株地上部和根生物量的影响

Table 3 Effects of concentration of seawater in irrigation on biomass of roots and shoots of different varieties of *Helianthus tuberosus* (g plant⁻¹)

品系 Varieties	海水浓度 Seawater concentration					
	0 %		30 %		50 %	
	根 Root	地上部 Shoot	根 Root	地上部 Shoot	根 Root	地上部 Shoot
南芋 1 号 Nanyu No. 1	106 ab	1 567 b	120 a	1 705 a	100 b	1 311c
南芋 2 号 Nanyu No. 2	186 a	2 077 a	155 b	1 864 b	138 b	1 517 c
南芋 3 号 Nanyu No. 3	181 a	1 355 a	151 b	1 297 ab	125 c	1 141 b
南芋 5 号 Nanyu No. 5	181 a	1 574 a	157 b	1 308 b	103 c	1 236 b
南芋 6 号 Nanyu No. 6	109 a	1 321 a	100 a	1 268 a	51 b	825 b
南芋 7 号 Nanyu No. 7	104 a	937 a	90 a	910 a	61 b	607 b
南芋 8 号 Nanyu No. 8	169 a	1 402 a	134 b	1 029 b	109 c	983 b

注: 表中同行同项数据后相同字母表示在 $p < 0.05$ 水平上无显著差异 Note: Data followed by the same letters are not significantly different at $p < 0.05$ level in a row and the same item

表 4 不同浓度海水处理对不同品系菊芋株高和茎粗的影响

Table 4 Effects of concentration of seawater in irrigation on height and thickness of the stem of different varieties of *Helianthus tuberosus* (cm)

品系 Varieties	海水浓度 Seawater concentration					
	0 %		30 %		50 %	
	株高 Height	茎粗 Thickness	株高 Height	茎粗 Thickness	株高 Height	茎粗 Thickness
南芋 1 号 Nanyu No. 1	225.0 a	2.32 b	232.3 a	2.43 a	209.3 b	2.06 c
南芋 2 号 Nanyu No. 2	210.1 b	2.29 a	223.0 a	2.13 b	201.0 b	2.07 b
南芋 3 号 Nanyu No. 3	250.0 a	2.40 b	262.0 a	2.51 a	232.7 b	2.21 c
南芋 5 号 Nanyu No. 5	280.3 a	2.48 a	287.0 a	2.17 b	257.7 b	2.04 c
南芋 6 号 Nanyu No. 6	218.3 a	2.22 a	225.7 a	2.19 a	194.0 b	2.03 b
南芋 7 号 Nanyu No. 7	211.7 b	1.93 a	225.7 a	1.90 a	191.7 c	1.75 b
南芋 8 号 Nanyu No. 8	229.3 b	2.00 b	242.7 a	2.17 a	211.0 c	2.05 b

注: 表中同行同项数据后相同字母表示在 $p < 0.05$ 水平上无显著差异 Note: Data followed by the same letters are not significantly different at $p < 0.05$ level in a row and the same item

2.2 不同处理对各品系菊芋块茎产量、单重、总糖和菊糖的影响

各菊芋品系块茎产量差异较显著,在 0% 和 30% 海水灌溉下,南芋 2 号产量显著高于其他品系,丰产性最好,而在 50% 海水灌溉下,南芋 1 号和南芋 2 号块茎产量差异不显著,随海水浓度的增加,各菊芋品系块茎产量均降低,南芋 3 号块茎产量在 30% 和 50% 海水灌溉下较对照下降幅度最大。各菊芋品系块茎单重差异也较显著,南芋 1 号和 2 号块茎单重最大,南芋 5 号块茎单重最小,随海水浓度的增加各菊芋品系块茎单重均

也降低,在 50% 海水灌溉下,南芋 1 号降低幅度最低,耐盐性最大(表 5)。

如表 6 所示,各菊芋品系块茎总糖和菊糖含量差异较显著,在 0%、30% 和 50% 海水灌溉下,南芋 8 号块茎总糖和菊糖含量最高,其次为南芋 2 号,南芋 5 号块茎总糖和菊糖含量最低,除南芋 7 号和南芋 8 号在 30% 海水灌溉下块茎总糖和菊糖含量较 0% 海水灌溉高,其他品系菊芋块茎总糖和菊糖含量随海水浓度的增加而降低,在 50% 海水灌溉下,南芋 3 号和 4 号降低幅度较大,而南芋 1 号降低幅度较小。

表 5 不同浓度海水处理对不同品系菊芋块茎产量和块茎单重影响

Table 5 Effects of concentration of seawater in irrigation on yield of tuber ($\text{kg } 10 \text{ m}^{-2}$) and biomass of tuber of different varieties of *Helianthus tuberosus* (g plant^{-1})

品系 Varieties	海水浓度 Seawater concentration					
	0 %		30 %		50 %	
	块茎 Tuber	块茎单重 Biomass	块茎 Tuber	块茎单重 Biomass	块茎 Tuber	块茎单重 Biomass
南芋 1 号 Nanyu No. 1	62.6 a	43.5 a	57.7 ab	35.3 b	48.0 b	31.3 c
南芋 2 号 Nanyu No. 2	79.1 a	42.3 a	65.6 b	38.7 b	51.1 c	30.2 c
南芋 3 号 Nanyu No. 3	33.5 a	27.1 a	22.0 b	22.7 b	13.5 c	19.8 c
南芋 5 号 Nanyu No. 5	38.0 a	12.9 a	30.3 b	11.4 a	23.9 c	9.3 b
南芋 6 号 Nanyu No. 6	43.8 a	36.5 a	29.5 b	29.8 b	23.4 c	22.3 c
南芋 7 号 Nanyu No. 7	35.3 a	25.4 a	23.3 b	23.4 a	18.0 c	14.7 b
南芋 8 号 Nanyu No. 8	51.5 a	19.2 a	36.4 b	17.5 a	25.6 c	14.5 b

注:表中同行同项数据后相同字母表示在 $p < 0.05$ 水平上无显著差异 Note: Data followed by the same letters are not significantly different at $p < 0.05$ level in a row and the same item

表 6 不同浓度海水处理对不同品系菊芋块茎总糖和菊糖的影响

Table 6 Effects of concentration of seawater in irrigation on total-sugar and inulin of tuber of different varieties of *Helianthus tuberosus* (%)

品系 Varieties	海水浓度 Seawater concentration					
	0 %		30 %		50 %	
	总糖 Total-sugar	菊糖 Inulin	总糖 Total-sugar	菊糖 Inulin	总糖 Total-sugar	菊糖 Inulin
南芋 1 号 Nanyu No. 1	54.59 a	49.41 a	52.77 ab	46.45 b	50.51 b	44.15 b
南芋 2 号 Nanyu No. 2	67.26 a	61.18 a	64.54 a	59.93 a	56.74 b	52.69 b
南芋 3 号 Nanyu No. 3	59.95 a	54.83 a	58.49 a	53.00 a	44.54 b	36.39 b
南芋 5 号 Nanyu No. 5	35.15 a	31.17 a	29.44 b	26.19 b	26.69 c	22.38 c
南芋 6 号 Nanyu No. 6	68.79 a	63.71 a	63.71 b	58.41 b	59.48 c	52.09 c
南芋 7 号 Nanyu No. 7	35.78 b	30.83 b	39.04 a	33.46 a	33.74 b	26.11 c
南芋 8 号 Nanyu No. 8	69.37 b	65.50 b	74.70 a	69.64 a	62.72 c	54.29 c

注:表中同行同项数据后相同字母表示在 $p < 0.05$ 水平上无显著差异 Note: Data followed by the same letters are not significantly different at $p < 0.05$ level in a row and the same item

2.3 不同处理对各品系菊芋离子分布的影响

随海水浓度的增加,各菊芋品系根、茎及叶的 Cl^- 和 Na^+ 含量均增加,但品系间差异较显著。在 50% 海水灌溉下,南芋 5 号根 Cl^- 和 Na^+ 含量较对照增加幅度最高,南芋 7 号根 Cl^- 和 Na^+ 含量增加幅度最低;南芋 3 号根的 Cl^- 和 Na^+ 含量较其他品系高,南芋 1 号根 Cl^- 和 Na^+ 含量最低(表 7)。在 50% 海水灌溉下,南芋 7 号茎 Cl^- 含量较对照增加幅度最高,南芋 1 号茎 Cl^- 含量增加幅度最低,而

Na^+ 含量是南芋 6 号增加幅度最高,南芋 1 号茎 Na^+ 含量增加幅度最低;南芋 7 号茎的 Cl^- 和 Na^+ 含量较其他品系高,南芋 3 号茎 Cl^- 和 Na^+ 含量最低(表 8)。在 50% 海水灌溉下,南芋 3 号叶 Cl^- 含量较对照增加幅度最高,南芋 7 号叶 Cl^- 含量增加幅度最低,而 Na^+ 含量是南芋 5 号增加幅度最高,南芋 2 号叶 Na^+ 含量增加幅度最低;南芋 2 号叶的 Cl^- 含量较其他品系高,南芋 8 号叶的 Na^+ 含量较其他品系高,南芋 5 号 Cl^- 和 Na^+ 含量最低(表 9)。

表 7 不同浓度海水处理对不同品系菊芋根 Cl^- 和 Na^+ 含量的影响

Table 7 Effects of concentration of seawater in irrigation on Cl^- and Na^+ concentration in root of different varieties of *Helianthus tuberosus* (mmol g^{-1})

品系 Varieties	海水浓度 Seawater concentration					
	0 %		30 %		50 %	
	Cl^-	Na^+	Cl^-	Na^+	Cl^-	Na^+
南芋 1 号 Nanyu No. 1	0.17 c	0.35 b	0.22 b	0.37 b	0.30 a	0.51 a
南芋 2 号 Nanyu No. 2	0.26 c	0.45 c	0.38 b	0.64 b	0.43 a	0.70 a
南芋 3 号 Nanyu No. 3	0.31 c	0.48 c	0.41 b	0.88 b	0.54 a	1.10 a
南芋 5 号 Nanyu No. 5	0.20 c	0.29 c	0.26 b	0.36 b	0.45 a	0.76 a
南芋 6 号 Nanyu No. 6	0.27 c	0.57 c	0.32 b	0.65 b	0.43 a	0.75 a
南芋 7 号 Nanyu No. 7	0.35 b	0.46 c	0.40 a	0.66 b	0.44 a	0.82 a
南芋 8 号 Nanyu No. 8	0.23 c	0.30 c	0.32 b	0.36 b	0.39 a	0.56 a

注: 表中同行同项数据后相同字母表示在 $p < 0.05$ 水平上无显著差异 Note: Data followed by the same letters are not significantly different at $p < 0.05$ level in a row and the same item

表 8 不同浓度海水处理对不同品系菊芋茎 Cl^- 和 Na^+ 含量的影响

Table 8 Effects of concentration of seawater in irrigation on Cl^- and Na^+ concentration in stem of different varieties of *Helianthus tuberosus* (mmol g^{-1})

品系 Varieties	海水浓度 Seawater concentration					
	0 %		30 %		50 %	
	Cl^-	Na^+	Cl^-	Na^+	Cl^-	Na^+
南芋 1 号 Nanyu No. 1	0.43 c	0.14 c	0.57 b	0.42 b	0.63 a	0.51 a
南芋 2 号 Nanyu No. 2	0.39 c	0.15 c	0.62 b	0.28 b	0.87 a	0.44 a
南芋 3 号 Nanyu No. 3	0.36 c	0.16 c	0.49 b	0.27 b	0.55 a	0.37 a
南芋 5 号 Nanyu No. 5	0.25 c	0.11 c	0.43 b	0.32 b	0.57 a	0.45 a
南芋 6 号 Nanyu No. 6	0.38 c	0.10 c	0.50 b	0.40 b	0.79 a	0.51 a
南芋 7 号 Nanyu No. 7	0.33 c	0.17 c	0.41 b	0.34 b	0.88 a	0.67 a
南芋 8 号 Nanyu No. 8	0.30 c	0.19 c	0.49 b	0.43 b	0.57 a	0.56 a

注: 表中同行同项数据后相同字母表示在 $p < 0.05$ 水平上无显著差异 Note: Data followed by the same letters are not significantly different at $p < 0.05$ level in a row and the same item

表 9 不同浓度海水处理对不同品系菊芋叶 Cl^- 和 Na^+ 含量的影响

Table 9 Effects of concentration of seawater in irrigation on Cl^- and Na^+ concentration in leaves of different varieties of *Helianthus tuberosus* (mmol g^{-1})

品系 Varieties	海水浓度 Seawater concentration					
	0 %		30 %		50 %	
	Cl^-	Na^+	Cl^-	Na^+	Cl^-	Na^+
南芋 1 号 Nanyu No. 1	0.39 b	0.05 b	0.55 a	0.06 b	0.58 a	0.10 a
南芋 2 号 Nanyu No. 2	0.71 b	0.12 b	0.83 a	0.15 ab	0.87 a	0.17 a
南芋 3 号 Nanyu No. 3	0.19 c	0.08 b	0.36 b	0.11 ab	0.51 a	0.15 a
南芋 5 号 Nanyu No. 5	0.07 b	0.04 b	0.10 ab	0.05 b	0.14 a	0.09 a
南芋 6 号 Nanyu No. 6	0.35 c	0.08 b	0.44 b	0.09 ab	0.56 a	0.12 a
南芋 7 号 Nanyu No. 7	0.48 b	0.09 b	0.51 ab	0.11 b	0.56 a	0.15 a
南芋 8 号 Nanyu No. 8	0.37 b	0.11 b	0.42 b	0.15 ab	0.70 a	0.18 a

注: 表中同行同项数据后相同字母表示在 $p < 0.05$ 水平上无显著差异 Note: Data followed by the same letters are not significantly different at $p < 0.05$ level in a row and the same item

3 讨 论

一般认为,中性盐(NaCl)胁迫的伤害作用主要是通过离子本身的毒性效应、高浓度盐的渗透效应和营养效应来完成的^[10,11]。植物耐盐性的大小由植物的遗传性决定,不同的植物及同一植物的不同发育阶段耐盐性具有差异^[12~14]。本试验结果表明各品系菊芋的遗传特性及耐盐性存在显著差异,南芋2号根和地上部生物量较其他品系大,南芋5号和南芋3号株高在各浓度海水灌溉下均显著高于其他菊芋品系,而茎粗在各处理下变化不一致。在30%海水灌溉下,南芋1号根和地上部物质积累未产生抑制作用,其他各品系菊芋的根和地上部物质积累受到了一定抑制,但抑制程度不一致。从丰产性看,南芋2号较其他品系更适合在半干旱海涂利用适当浓度海水进行灌溉种植,从耐盐性看,南芋1号较好。

菊芋作为一种极其重要的高密度能源植物,主要是利用其块茎中的多聚果糖,在酸或菊粉酶的作用下水解为果糖,是微生物发酵生产酒精和油脂的良好糖源^[1,15]。本试验结果表明各菊芋品系块茎产量差异较显著,在30%海水灌溉下,南芋2号产量显著高于其他品系,各处理下,各菊芋品系块茎单重差异也较显著,南芋1号和2号块茎单重最大,同样各菊芋品系块茎总糖和菊糖含量差异较显著,在0%、30%和50%海水灌溉下,南芋8号块茎总糖和菊糖含量最高,南芋5号块茎总糖和菊糖含量最低。从块茎产量及块茎总糖和菊糖含量看,在半干旱海涂利用适当浓度海水进行灌溉,南芋1号和南芋2号较其他品系的菊芋产糖潜力更大。

进入植物组织的无机离子也就是通常所说的盐分离子,是参与植物渗透调节的重要物质,盐分离子在盐生植物中是主要的细胞渗透调节溶质^[16~18]。本试验结果表明,随海水浓度的增加,各菊芋品系根、茎和叶的 Cl^- 和 Na^+ 含量均增加,但品系间差异较显著,这由于各品系菊芋的离子吸收积累转运存在差异,也与其抗盐耐盐性有关。叶片的 Na^+ 含量显著低于根和茎的 Na^+ 含量,说明根吸收的 Na^+ 向地上部分,特别是叶片运输选择性降低,但品系间也存在差异。50%海水灌溉下,南芋1号根 Cl^- 和 Na^+ 及茎 Na^+ 含量最低,茎 Cl^- 含量增加幅度最低,这与其耐盐性高相关,其他品系菊芋在50%海水生长受到抑制,促使更多盐分离子 Na^+ 和 Cl^- 参与渗

透调节。但植物耐盐性是一种综合性状的表现,与盐的吸收、运输、分配、再循环、排泄及细胞水平上的区域化有密切关系,涉及生理生化多方面的因素,是一个多基因控制的极为复杂的反应过程。

海涂农田生态系统是一个复杂的生态体系,在海水灌溉下,由于盐分、水分及肥料的有效性影响着土壤微生物的活动、物理化学作用及植物体的生理生化过程,使得土壤盐分、水分及养分密切而又复杂地联系在一起,这又必然会影响到各品系菊芋的生长发育及产量构成。如何在适合浓度海水灌溉下,科学地对各品系菊芋耐盐抗盐机制进行评价,将通过室内试验进行研究。

参 考 文 献

- [1] 刘兆普,邓力群,刘玲,等. 莱州海涂海水灌溉下菊芋生理生态特性研究. 植物生态学报, 2005, 29(3): 474~478. Liu Z P, Deng L Q, Liu L, et al. Physiological characteristics of *Helianthus tuberosus* irrigated by seawater, Laizhou coast, Shandong Province (In Chinese). Acta Phytocologica Sinica, 2005, 29(3): 474~478
- [2] 隆小华,刘兆普,刘玲,等. 不同浓度海水胁迫对菊芋幼苗生长发育及磷吸收的影响. 植物研究, 2004, 24(3): 331~334. Long X H, Liu Z P, Liu L, et al. Effects of different concentrations of seawater on growths, developments and absorption of P of *Helianthus tuberosus* seedlings (In Chinese). Bulletin of Botanical Research, 2004, 24(3): 331~334
- [3] Ghadiri H, Dordipour I, Bybord M, et al. Potential use of Caspian Sea water for supplementary irrigation in Northern Iran. Agriculture Water Management, 2005, 73(2): 71~78
- [4] Christy T C, Catherine M G, James A P, et al. Production and ion uptake of *Celosia argentea* irrigated with saline wastewaters. Scientia Horticulturae, 2005, 106(3): 381~394
- [5] 隆小华,刘兆普,陈铭达,等. 不同浓度海水灌溉下盐肥耦合效应研究. 土壤学报, 2005, 42(1): 91~97. Long X H, Liu Z P, Chen M D, et al. Coupling effect of salt and fertilizer application on *Helianthus tuberosus* irrigated with seawater in semiarid region (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2005, 42(1): 91~97
- [6] Vigo C, Therios I N, Bosabalidis A M. Plant growth, nutrient concentration, and leaf anatomy of olive plants irrigated with diluted seawater. Journal of Plant Nutrition, 2005, 28: 1 001~1 021
- [7] 徐质斌. 海水灌溉农业的展望与对策. 农业现代化研究, 2002, 23(2): 89~92. Xu Z B. Perspective and countermeasure of seawater irrigating agriculture (In Chinese). Research of Modern Agriculture, 2002, 23(2): 89~92
- [8] 王宝山,赵可夫. 小麦叶片中Na、K提取方法的比较. 植物生理学通讯, 1995, 31(1): 50~52. Wang B S, Zhao K F. Comparison of extractive methods of Na and K in wheat leaves (In Chinese). Plant Physiology Communications, 1995, 31(1): 50~52
- [9] 於丙军,罗庆云,刘友良. 盐胁迫对野生大豆生长和离子分

- 布的影响. 作物学报, 2001, 27(6): 776~780. Yu B J, Luo Q Y, Liu Y L. Effects of salt stress on growth and ionic distribution of salt-born glycinesoja (In Chinese). Acta Agronomica Sinica, 2001, 27(6): 776~780
- [10] 马翠兰, 刘星辉, 陈中海. 果树对盐胁迫的反应及耐盐性鉴定的研究进展. 福建农业大学学报, 2000, 29(2): 161~166. Ma C L, Liu X H, Chen Z H. Advances in response of fruit trees to salt stress and their salt-tolerance identification (In Chinese). Journal of Fujian Agricultural University, 2000, 29(2): 161~166
- [11] 刘春卿, 杨劲松, 陈德明, 等. 不同耐盐性作物对盐胁迫的响应研究. 土壤学报, 2005, 42(6): 993~998. Liu C Q, Yang J S, Chen D M, *et al.* Responses to salt stress of crops different in salt tolerance (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2005, 42(6): 993~998
- [12] Dionisio R, Vicente M, Antonio C. Demarcating specifiacion (NaCl, Cl⁻, Na⁺) and osmotic effects in the response of two citrus rootstocks to salinity. Scientia Horticulturae, 1999, 80: 213~224
- [13] 许祥明, 叶和春, 李国凤. 植物抗盐机理的研究进展. 应用与环境生物学报, 2000, 6(4): 379~387. Xu X M, Ye H C, Li G F. Progress in research of plant tolerance to saline stress (In Chinese). Chinese Journal of Applied Environmental Biology, 2000, 6(4): 379~387
- [14] Hussain N, Ali A, Sarwar G. Mechanism of salt tolerance in rice. Pedosphere, 2003, 13(3): 233~238
- [15] 张连富, 李红. 内切菊粉酶生产低聚果糖研究进展. 中国食品添加剂, 2001(1): 20~24. Zhang L F, Li H. Proceeding in production of fructooligosaccharides from inulin by inulinase (In Chinese). China Food Additives, 2001(1): 20~24
- [16] 李品芳, 白文波, 杨志成. NaCl 胁迫对苇状羊茅离子吸收与运输及其生长的影响. 中国农业科学, 2005, 38(7): 1458~1565. Li P F, Bai W B, Yang Z C. Effects of NaCl stress on ions absorption and transportation and plant growth of tall fescue (In Chinese). Scientia Agricultura Sinica, 2005, 38(7): 1458~1565
- [17] Tanaka Y, Hibino T, Hayashi Y, *et al.* Salt tolerance of transgenic rice overexpression yeast mitochondrial Mn-SOD in chloroplasts. Plant Science, 1999, 148: 131~138
- [18] Rawson H M, Long M J. Growth and development in NaCl-stress plant. Aust. J. Plant Physiol., 1988, 15(4): 519~540

EFFECTS OF SEAWATER IRRIGATION ON YIELD COMPOSITION AND ION DISTRIBUTION OF DIFFERENT VARIETIES OF HELIANTHUS TUBEROSUS IN COASTAL MUDFLAT OF SEMIARID REGION

Long Xiaohua Liu Zhaopu[†] Wang Lin Jiang Yunfang

(College of Resources and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract Field experiments were carried out to study effects of seawater irrigation on yield compositions and ion distribution of different varieties of *Helianthus tuberosus* growing in coastal mudflat along semiarid regions in 2005. Results show: (1) Nanyu No. 2 was higher than the others in biomass of the roots and aerial parts, and Nanyu No. 5 and Nanyu No. 3 were taller than the others in all treatments, but the effect on diameter of the main stems of the plants varied sharply with treatment. In the treatment of irrigation with 30% seawater, Nanyu No. 1 was not affected in biomass accumulation in roots and aerial parts, but the others to a varying extent. (2) The plants differed sharply in yield between varieties. Nanyu No. 2 was the highest when irrigated with 30% seawater, and so did they in single tuber weight, total sugar and Inulin content. Nanyu No. 1 and Nanyu No. 2 were the highest in single tuber weight. (3) Concentrations of Cl⁻ and Na⁺ in roots, stems and leaves of all varieties increased with the seawater concentration, but significant differences did exist between varieties. Na⁺ content was lower in leaves than in roots and stems. Judging by biomass accumulation, yield of tubers, total sugar and Inulin contents in tuber, and ion distribution, Nanyu No. 1 and Nanyu No. 2 were more adaptive to planting in coastal mudflat along semiarid regions with seawater irrigation than other varieties.

Key words Seawater irrigation; *Helianthus tuberosus*; Yields; Tuber; Inulin; Ion