

水稻耐盐性的初步研究

曾 光 修

(中国科学院南京土壤研究所)

实践证明种稻是改良盐碱地的有效措施之一。稻田经常维持一定水层，能抑制表土层返盐，并淡化土壤溶液浓度，既有利于水稻生长又可达土壤脱盐效果^[1]；另一方面，水稻本身也有一定的耐盐力^[2, 3]。在某些盐土上种一季水稻亩产稻谷可达千斤^[4]，能获得较好的经济效益。

种稻改良盐碱地的成效，既与土壤盐分组成、土壤溶液浓度、土壤质地、肥力等有关，也与水稻品种、发育阶段、生态环境及农业技术措施等因素相关。以往一些研究表明作物遭受盐害，主要是盐分使土壤溶液渗透压增高，引起植物生理干旱所致。而且盐分在植株体内不断累积也产生毒害；盐分促进离子之间的颀颀作用因而影响植物体内的养分平衡^[5, 6]。为了了解土壤盐分对水稻生长的影响，我们进行了室内试验。用等渗透压的 NaCl 及 Na₂SO₄ 盐溶液盐化土壤，对水稻不同发育阶段进行耐盐力观测，并就盐化条件对水稻吸收矿质元素的影响作了一些探索，现将所得结果整理如下。

试验材料与方法

供试土壤采自江苏滨海，一为中壤质氯化物盐土，另一为同一地区相同质地的非盐化潮

表1 两种供试土壤可溶性盐分组成(%)

土 壤	电 导 率 (毫姆欧/厘米)	pH	全盐	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺
潮 土	0.242	8.13	0.075	0.021	0.014	0.004	0.003	0.003	0.005	0.011
盐 土	6.461	7.54	2.362	0.012	1.225	0.166	0.050	0.091	0.025	0.564

土，盐分组成见表1。水稻品种为广陆矮。试验处理分以下几项。

(一) 水稻萌芽及苗期耐盐力试验

1. 混合盐溶液试验：用等量 NaCl 及 CaCl₂ 按每升 783 毫克为 1 巴作基础^[7]，配制渗透压级差为 2 巴的系列盐溶液。稻种经粒选放入各级盐液中常温浸泡 24 小时后，均匀播入铺有滤纸的塑料网上，筛网放于 500 毫升玻璃皿中，网下有与浸种浓度相同的盐液 30 毫升以接触滤纸，保持种子湿润，每处理重复 4 次，置于 25℃ 恒温箱中培育，一星期后查发芽率，求出萌芽阶段耐盐力。

2. 土壤试验：以上述两种土壤风干过筛(孔径 1 毫米)后，调配成含盐量级差为 0.05% 的系列盐化土，称取 1.5 公斤装入带盖密封塑料圆盒(直径 18 厘米，高 15 厘米)，加蒸馏水 300 毫升，保持土壤含水量 20%，播入种子 20 粒，加盖 25℃ 培育 2 星期后查出苗率。

(二) 水稻生育期耐盐力试验 采用盆栽方法。每盆装入上述风干潮土 1.5 公斤，盆中心插一塑料管作加水之用。每盆加蒸馏水 650 毫升，并栽入 4 叶期水稻秧苗 3 穴，每穴 3 株，整个生育期保持相对稳定的淹水层。至分蘖期或拔节盛期按表 2 所列用量，分别从管中加入盐

溶液, 3天加完, 一星期后每盆加入标记 ^{15}N 的尿素0.1克(^{15}N 丰度为10.2%), 尿素配成溶液注入根际土层, 各处理重复4次。为了避免水分蒸腾、蒸发或过多加水而引起盐分浓度波动, 前期每天以重量法补充蒸馏水; 后期用电导法每天补充蒸馏水到起始加盐时的电导值, 直至水稻成熟收获。

用气体压榨土壤溶液装置^[8]直接榨取土壤溶液, 溶液渗透压(巴)用FM-4型冰点渗透压计测定。植株于80℃烘干粉碎后进行以下各项化学分析。全氮采用半微量凯氏法; Si 采用重量法, ^{15}N 及K、Na、Ca、Mg、Fe等元素分别由本所技术室用ZHT-01型质谱仪及Speetraspan III A型直流等离子体直读光谱仪测定。

表2 不同渗透压的盐分用量

渗透压 (巴)	NaCl 溶液		Na ₂ SO ₄ 溶液	
	用量 (克/升)	电导率 (毫姆欧/厘米)	用量 (克/升)	电导率 (毫姆欧/厘米)
4	4.68	5.66	9.09	10.9
6	7.02	12.7	13.6	16.0

结果与讨论

(一)水稻萌芽及幼苗阶段的耐盐力 水稻在混合盐溶液及不同含盐量土壤上发芽和出苗的结果列于表3及表4。从表3看出, 水稻“广陆矮”品种在盐分渗透压达12巴时, 大部分尚可发芽, 表明其萌芽苗期有一定耐盐力。表4表明土壤含盐量大于0.3%或渗透压超过10巴时, 水稻出苗严重受抑制, 出苗率仅50%, 但这种水稻可以在土壤溶液渗透压6—7巴的盐化土上种植。如土壤含盐量超过0.3%, 则必须加大播种量或另找耐盐力强的水稻品种, 才可能获得一定的基本苗数。或播种前冲洗压盐以保全苗。以上结果还表明水稻在盐溶液和土壤中所表现的耐盐力不同, 这主要是由于在土壤中根系吸收水分尚需克服土壤对水分的吸力(基质势), 而且盐溶液与土壤溶液中的盐分组成不同, 因而对水分的偏克分子自由能的影响也就各异^[9], 这就导致渗透压值、电导率值不相同。

表3 混合盐(NaCl+CaCl₂)溶液对水稻发芽影响

渗透压 (巴)	0	4	6	8	10	12	14	16
浓度 (克/升)	0	3.13	4.70	6.26	7.83	9.40	11.0	12.5
电导率 (毫姆欧/厘米)	0.01	11.8	16.5	21.2	25.9	32.1	35.8	37.7
发芽率 (%)	100	98.8	96.6	95.4	94.3	80.8	48.3	14.0

表4 土壤盐分对水稻出苗的影响

土壤含盐 (%)		0.21(对照)	0.27	0.31	0.35	0.41
土壤溶液	浓度 (克/升)	7.64	10.4	14.2	18.4	22.5
	电导率 (毫姆欧/厘米)	4.98	7.10	7.57	8.82	9.16
	渗透压 (巴)	5.66	10.8	11.7	12.4	14.0
	出苗率 (%)	100	94.4	50.0	11.1	0

(二)水稻不同生育阶段的耐盐力 两个生育期加盐处理所得水稻植株干物重结果列于表5。从表5可以看出在相等渗透压下, 不同盐类的盐害不同, 例如渗透压为6巴的Na₂SO₄溶液, 虽然严重抑制水稻生长, 籽粒产量也显著降低, 但仍能生长至收获; 而NaCl溶液处理的稻苗却很快枯死。这点与Kaddah^[3]的结果不一样, 可能他们的试验是采用低盐溶液, 因此未能表现出不同盐类的危害程度。表5结果表明, 水稻分蘖期对盐分极为敏感, 在6巴的

NaCl溶液中,其生长严重受抑制以至枯死,而同一盐分对拔节期生长的抑制程度却较轻。由干物量的差异可看出水稻分蘖期耐盐力弱,因此时正是幼穗开始分化阶段,生态环境对其影响极大。以往的研究也表明盐害对生殖生长比营养生长更为严重^[10],它将导致籽粒产量大大降低。因此在水稻栽培中,无论是直播或移栽,分蘖期采用低矿质水灌溉是增产的关键。由于盐分对水稻生育后期的影响较小,因此在水源短缺地区,后期适当用高矿质水抗旱也是可行的,但灌溉水的盐分浓度不宜超过7克/升(氯化物为主)至12克/升(硫酸盐为主)。

表5 土壤盐分对水稻不同生育期干物重的影响(克/盆)

植株部位	对 照 (不加盐液)	加 NaCl 溶液时期				加 Na ₂ SO ₄ 溶液时期			
		分蘖期 (4巴)	拔节期 (4巴)	分蘖期 (6巴)	拔节期 (6巴)	分蘖期 (4巴)	拔节期 (4巴)	分蘖期 (6巴)	拔节期 (6巴)
茎 叶	7.28	2.93	3.27	苗枯死	3.48	2.86	4.09	1.53	3.93
籽 粒	6.58	2.38	2.18	苗枯死	2.20	2.10	3.61	0.49	3.35
根 系	2.22	0.85	1.58	苗枯死	1.51	0.88	2.24	0.52	3.01
总 重	16.1	6.16	7.03	—	7.19	5.84	9.94	2.54	10.3
相对数	100	38.3	43.7	0.00	44.7	36.3	61.7	15.8	64.0

注: 4次重复平均值

(三)土壤盐分对水稻矿质组成的影响 在盐化条件下,土壤盐分对水稻根系吸收离子以及离子间的颞颞关系影响是极大的,现将两种盐分(NaCl、Na₂SO₄),两级渗透压(4巴、6巴)处理下所得水稻植株矿物组成的分析结果列于表6。从表6可以看出,除NaCl 6巴渗透压处理的稻苗死亡外,其余处理Na⁺的吸收比对照增加6—12倍,而同时K⁺的吸收却减少2—16倍,这种离子间的颞颞作用是十分明显的。除K⁺外,对其余离子的吸收也均存在不同程度的抑制作用,一般比对照减少吸收2—84%。这种影响生育前期比后期严重。由表2看出产生等渗透压时的Na₂SO₄浓度比NaCl要高94%左右。因此在较低渗透压(4巴)下Na₂SO₄溶液对水稻干物质积累,Na⁺吸收的增加和K⁺、Ca⁺⁺、Mg⁺⁺吸收减少的影响要比NaCl严重。在Na₂SO₄较高渗透压(6巴)处理中,Ca⁺⁺的吸收总量并不少,但籽粒中的Ca⁺⁺仅有痕迹量,由此可见盐分重则引起稻苗死亡,轻则影响产量质量。

表6 土壤盐分对水稻植株*矿物质组成的影响(毫克/盆)

矿物质组成	对 照 (不加盐液)	加 NaCl 溶液时期				加 Na ₂ SO ₄ 溶液时期			
		分蘖期 (4巴)	拔节期 (4巴)	分蘖期 (6巴)	拔节期 (6巴)	分蘖期 (4巴)	拔节期 (4巴)	分蘖期 (6巴)	拔节期 (6巴)
Na	15.3	91.4	134	苗枯死	194	104	137	143	174
K	90.0	28.9	32.9	苗枯死	35.4	11.5	37.3	5.50	37.2
Ca	70.5	35.8	67.9	苗枯死	69.0	23.5	53.3	21.4	71.2
Mg	35.3	16.1	23.0	苗枯死	23.4	15.5	21.7	10.7	27.5
P	19.7	8.80	11.2	苗枯死	11.4	9.60	13.8	6.00	14.7
Fe	61.5	24.3	59.5	苗枯死	57.4	20.3	51.4	10.0	55.0
Mn	3.60	1.80	2.10	苗枯死	2.00	2.30	2.40	1.50	2.60
SiO ₂	1110	446	836	苗枯死	772	509	906	300	948

* 植株包括籽粒、茎叶、根系。

(四)盐分对水稻吸收氮素的影响 ¹⁵N示踪试验表明(表7),在不施底肥的情况下,不加盐处理,氮素利用率可达65%,由于盐分影响,分蘖期氮的吸收可减少40—84%,拔节期可减少42—54%。等渗透压下NaCl比Na₂SO₄的抑制严重。因此在盐渍土上种植水稻或其他作

物施用一定量三要素肥料，可以克服一定盐害，建立离子间的新平衡而达到增产效益〔7〕。

结 语

室内和温室试验结果表明水稻品种“广陆矮”只是一般耐盐。混合盐溶液浓度达12巴渗透压时，出苗率仅80%。其分蘖期比拔节期对盐分更敏感。盐分对离子吸收和植株干物质的影响随盐分浓度增加而增加。大面积种稻，土壤溶液超过7克/升(氯化物为主)或12克/升(硫酸盐为主)时，应加强排灌以淡化土壤溶液浓度，结合施用农家有机肥或三要素化肥以调节离子平衡缓和盐害。

表7 土壤盐化对水稻的氮素*
吸收利用率的影响

加溶液 时 期	对 照 (不加)	加NaCl + ¹⁵ N		加Na ₂ SO ₄ + ¹⁵ N	
		4 巴	6 巴	4 巴	6 巴
分蘖期	64.6	34.8	苗死	38.9	10.2
拔节期	68.0	36.7	31.4	38.6	39.6

* ¹⁵N示踪试验，重复4次平均值。

参 考 文 献

- [1] 尤文瑞等，河北省滨海盐渍土在种稻改良中的水盐动态及其调节。土壤学报，12(2): 107-119, 1964。
- [2] Bajwa, M. S., J. Agri. Sci. Camb., 98: 475-482, 1982.
- [3] Kaddah, M. T., Soil Sci., 96: 105-111, 1963.
- [4] 徐叔华等，渤海湾北部盐碱地的利用与改良的研究。地理学报，20(4): 451-481, 1954。
- [5] 曾宪修，盐渍土与植物耐盐性的研究概况。土壤学进展，12(1): 10-14, 1984。
- [6] Greenway, H. et al., Ann. Rev. Plant physiol., 31:149-190, 1980.
- [7] Berntein, L., J. Agron., 66: 412-421, 1974.
- [8] 曾宪修，气体压榨土壤溶液装置的研制。土壤，13(1): 31-34, 1981。
- [9] Bhatti, H. M. et al., Agriculture, 11: 34-37, 1980.
- [10] Kaddah, M. T. et al., Agronomy J., 65: 845-847, 1973.

(上接第299页)

- 〔2〕 何万云，黑龙江三江平原土壤“哑叭”涝问题的探讨。土壤通报，第5期，12—14页，1979。
- 〔3〕 黑龙江省农业科学院合江农科所：保安农业综合样板田工作总结。土壤通报，第5期，53—56页，1965。