

盐胁迫下不同小麦品种的耐盐性 及其离子特征*

陈德明 俞仁培

(中国科学院南京土壤研究所, 210008)

摘 要

用盆栽试验方法研究了盐胁迫环境中三种小麦品种的生长速率与耐盐性差异。结果表明,盐度处理对小麦品种“德系 j86-33-25”和“鲁麦 10 号”植株生长速率的影响低于对“科 26”品种的影响,前两个品种较“科 26”品种更为耐盐。本文还着重对盐胁迫条件下不同小麦品种植株组织中钾钠含量、钾 / 钠比、钾-钠吸收和运输的选择性、钠的吸收和运输速率及钠在植株体内的分布进行了分析,从而揭示了“德系 j86-33-25”和“鲁麦 10 号”品种的抗盐机制可能与其根系抑制钠向地上部的运输并维持茎叶适宜的钾 / 钠比值有关。

关键词 盐胁迫, 小麦品种, 离子特征

盐渍土的改良利用,一般是通过水利工程、生物农业和化学改良等综合措施来实现。目的是降低土体盐分,为作物创造良好的生长环境条件。在这方面我国已积累了丰富的经验和成功的应用技术,收到了显著的效果。但是在当前水资源紧缺、国家经济实力有限不可能有大量资金投入的情况下,选择耐盐作物品种,挖掘品种自身的耐盐能力,直接利用盐渍土,是盐渍土改良利用研究的重要途径。国际上作物耐盐性的研究是很活跃的研究领域。美国、澳大利亚等在耐盐品种的筛选、品种耐盐机理的研究及作物品种耐盐的遗传性研究方面都取得了很大进展。因此应用耐盐种质和品种改良利用盐渍土具有广阔的前景。

在栽培作物中,部分作物的耐盐性存在明显的品种间差异。为此,国际上有关机构和研究人员进行了专门的研究,对水稻、玉米等作物品种的研究,均证实品种间耐盐性差异的存在^[1-5]。本文对三种小麦品种的耐盐性及其钾钠离子特征进行了较系统的研究,阐明了小麦耐盐性品种差异与离子特征之间的关系。本研究对进一步揭示小麦耐盐性品种差异的生理机制、对盐渍土壤中抗盐耐盐品种的选种、对提高我国粮食生产水平产生长远社会效益均具有积极的意义。

* 本研究得到中国科学院南京土壤研究所所长基金(No. 2920502)资助。

收稿日期: 1996-01-08; 收到修改稿日期: 1997-04-28

1 材料与方 法

1.1 材 料

供试土壤采自河南省封丘县的轻壤质潮土, pH9.12, 电导率 0.105dS / m(1:5, 25℃), 全盐量 0.786g / kg; 供试作物为小麦, 品种有“德系 j86-33-25”、“鲁麦 10 号”和“科 26”。

1.2 试验方法

在温室内进行, 每盆装土 1.2kg, 装盆前每盆土均匀拌入纯氮 0.12g、P₂O₅ 0.06g 和 K₂O 0.12g, 分别以尿素和磷酸二氢钾拌入。试验设置三个盐度处理, 四次重复, 共计 36 盆。三个盐度处理为: (1)0mmol / L, (2)50mmol / L, (3)150mmol / L。供试土壤在装盆前均匀拌入等量的 NaCl 和 Na₂SO₄ 进行一次性盐化处理。供试小麦种子经室内恒温催芽, 待芽长 1~3cm 后移入事先盐化处理的盆钵中央的网袋中, 每盆 10 株。试验时, 保持土壤水分含量为饱和持水量的 75%。40 天后采集植株样品, 测定茎叶和根的鲜重或干重, 并分析其化学元素组成。植株样品中的 K⁺、Na⁺ 用 0.5mol / L HCl 提取、火焰光度计法测定。

1.3 数据处理

钾钠吸收选择性系数和运输选择性系数计算如下:

$$S_{K, Na(吸收)} = \{[K]_{根系} / [Na]_{根系}\} / \{[K]_{土壤} / [Na]_{土壤}\}$$

$$S_{K, Na(运输)} = \{[K]_{茎叶} / [Na]_{茎叶}\} / \{[K]_{根系} / [Na]_{根系}\}$$

小麦植株中的钠离子流 (J)、钠吸收速率和钠运输速率则按下列公式计算:

$$J = \{[M_2 - M_1] / [t_2 - t_1]\} \cdot \{[\ln(W_{R2} / W_{R1})] / [W_{R2} - W_{R1}]\}$$

其中, M₂ 和 M₁ 分别为时间 2 和时间 1 时的钠离子含量, W_{R2} 和 W_{R1} 为相应的根鲜重。整个植株的钠吸收速率 (J_{tot}) 可由植株总的钠离子含量 M_{tot2} 和 M_{tot1} 求得; 钠离子从根系向地上部的运输速率 (J_s) 则由地上部茎叶中的钠离子含量 M_{s2} 和 M_{s1} 求得。

2 结果与分析

2.1 盐度处理对不同小麦品种生长的影响

介质中盐度水平的增加, 引起小麦生长速率的减少^[6]; 而在高盐度水平下, 生长速率的减少更为明显(表 1)。在三种供试小麦品种中, 由盐度处理所引起的“科 26”品种生长速率的减少幅度显著高于“德系 j86-33-25”和“鲁麦 10 号”品种。在低盐度处理下(50mmol / L), “德系 j86-33-25”和“鲁麦 10 号”的生长速率受盐度处理的影响甚微, 其生长速率仅分别减少 3% 和

表 1 盐度处理对不同小麦品种生长速率的影响 (mg 干重 / 天)

Table 1 Effect of salt treatments on plant growth rates of three wheat varieties (mg dry weight/day)

盐度处理 Treatment (mmol/L)	德系 j86-33-25 Dexi j86-33-25	科 26 Ke 26	鲁麦 10 号 Lumai No.10
0	44.75	54.00	52.50
50	43.50	33.75	46.00
150	23.00	20.75	25.00

12%，而“科 26”品种的生长速率则减少了 38%。在高盐度处理下(150mmol/L)，“德系 j86-33-25”、“鲁麦 10 号”和“科 26”品种的植株生长速率分别为对照处理的 51%、48% 和 38%。这表明盐度处理对“鲁麦 10 号”，尤其是对“德系 j86-33-25”植株生长的影响低于对“科 26”品种的影响，这也说明小麦品种“鲁麦 10 号”，尤其是“德系 j86-33-25”的耐盐性高于“科 26”品种。

2.2 盐度处理对钾钠吸收的影响

2.2.1 盐胁迫条件下小麦植株组织中的钾钠含量 随着盐度水平的增加，小麦茎叶和根系中钾的浓度减少，而钠浓度则显著增加(表 2)。小麦整株中的钾钠状况也呈现出同样的规律。就不同小麦品种而言，随盐度水平增加，“科 26”品种植株茎叶中钾钠含量的变化幅度要比“德系 j86-33-25”和“鲁麦 10 号”品种植株茎叶中钾钠含量的变幅大，这可能是由于“科 26”品种的根系具有较强的吸收钠并向茎叶中运输的能力，在竞争吸收和运输钠离子的同时，使钾离子的吸收和运输量减少。

2.2.2 盐胁迫条件下小麦植株组织中的 K/Na 比 小麦植株根系吸收钠离子后，多在

表 2 盐度处理对不同小麦品种组织中钾钠状况的影响(mmol/g 干重)

Table 2 Effect of salt treatments on potassium and sodium contents in different organs of wheat plants (mmol/g dry weight)

小麦品种 Variety	盐度处理 Treatment (mmol/L)	茎叶 Stem and Leaf		根 Root		全株 Plant	
		K ⁺	Na ⁺	K ⁺	Na ⁺	K ⁺	Na ⁺
德系 j86-33-25	0	1.08	0.05	0.25	0.57	0.85	0.20
	50	0.99	0.22	0.21	1.06	0.78	0.44
	150	0.91	0.41	0.17	1.21	0.76	0.58
科 26	0	1.12	0.08	0.17	0.48	0.89	0.18
	50	0.89	0.51	0.16	0.94	0.73	0.61
	150	0.74	0.78	0.13	1.33	0.61	0.90
	0	1.13	0.07	0.16	0.50	0.86	0.19
鲁麦 10 号	50	0.99	0.30	0.16	1.04	0.83	0.45
	150	0.88	0.56	0.13	1.21	0.70	0.71

根系中滞留，而钾离子被吸收后，则多向茎叶中运输(表 2)。因而小麦植株组织中 K/Na 比，以茎叶中的 K/Na 比较高，根系中的 K/Na 比则远较茎叶中的低(表 3)。随着盐度水平的增加，无论是组织中的 K/Na 比，还是整个植株的 K/Na 比，均呈下降的趋势。就不同小麦品种而言，由于“科 26”品种的根系具有较强的吸收钠离子并向茎叶中运输的能力，因而盐胁迫条件下，“科 26”品种的茎叶及整株的 K/Na 比较“德系 j86-33-25”和“鲁麦 10 号”品种的茎叶及整株中的 K/Na 比要低。由此可见，茎叶中 K/Na 比的高低与品种的耐盐性呈正相关。

2.2.3 盐胁迫条件下小麦根系对钾钠的选择性 植株分析及统计表明，随着盐度处理水平的增加，小麦根系对钾离子的吸收选择性增强，体现在吸收选择性系数上，即随着盐度处理水平的增加，小麦根系的钾钠吸收选择性系数增大；相反，小麦根系吸收钾、钠离子后，向茎叶中运输钾的选择性明显减弱，体现在运输选择性系数上，即随着盐度处理水平

表 3 盐度处理对小麦不同组织中 K / Na 比的影响

Table 3 Effect of salt treatments on K / Na ratios in different organs of wheat plants

小麦品种 Variety	盐度处理 Treatment (mmol/L)	K/Na		
		茎叶 Stem and Leaf	根 Root	全株 Plant
德系j86-33-25	0	21.13	0.46	4.36
	50	4.51	0.20	1.77
	150	2.23	0.14	1.32
	0	13.46	0.36	4.94
科26	50	1.72	0.17	1.20
	150	0.95	0.09	0.68
	0	15.25	0.31	4.54
鲁麦10号	50	3.31	0.15	1.86
	150	1.57	0.11	0.98

的增加,钾钠运输选择性系数减少(图 1)。盐度处理对钾钠吸收选择性系数和钾钠运输选择性系数的影响在小麦品种间也存在差异。对于“科 26”品种而言,低盐度处理水平下,其钾钠吸收选择性系数较对照处理增加 91%,而“德系 j86-33-25”和“鲁麦 10 号”品种则分别增加 219% 和 221%;高盐度处理水平下,钾钠吸收选择性系数也以“德系 j86-33-25”和“鲁麦 10 号”品种增幅较大。在低盐度处理水平下,“科 26”品种的钾钠运输选择性系数较对照处理减少 73%,而“德系 j86-33-25”和“鲁麦 10 号”品种则分别减少 52% 和 55%;高盐度处理水平下,也以“科 26”品种的钾钠运输选择性系数减幅较大。从对钾钠选择性系数的分析可知,(图 1)在盐胁迫条件下,“德系 j86-33-25”和“鲁麦 10 号”品种的钾钠吸收

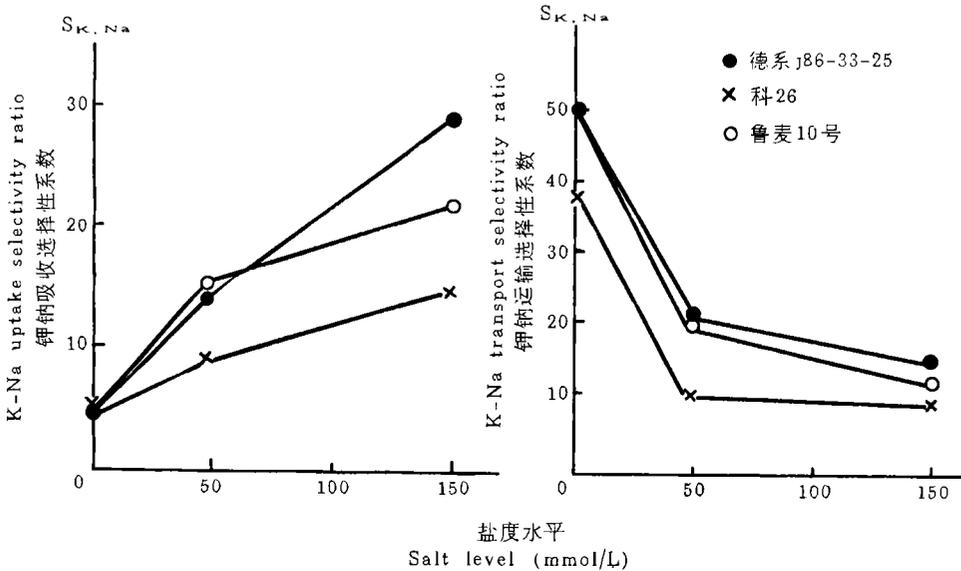


图 1 盐度处理对小麦 K-Na 选择性系数的影响

Fig.1 Effect of salt levels on the K-Na selectivity ratios of wheat plants

选择性系数和运输选择性系数均较“科 26”品种的大,这也表明前两者具有较强的抗盐机制。

2.2.4 盐度处理下不同小麦品种对钠的吸收、运输与分布 随着盐度处理水平的增加,三种供试小麦品种的钠吸收速率和钠运输速率均显著增加(图 2)。无论是低盐度处理,还是高盐度处理,均以“科 26”品种的钠吸收速率和钠运输速率最大,其次是“鲁麦 10 号”,而以“德系 j86-33-25”品种的钠吸收速率和钠运输速率最小。非盐渍条件下,“德系 j86-33-25”、“鲁麦 10 号”和“科 26”品种的钠吸收速率极其相近,差异仅约 5%。而在盐度处理下,钠吸收速率呈现较明显的品种间差异。在低盐度和高盐度处理水平下,钠吸收速率的品种间差异分别达 69% 和 49%。非盐渍条件下,三种供试小麦品种的钠运输速率即已呈现明显的差异。“科 26”品种的钠运输速率分别较“鲁麦 10 号”和“德系 j86-33-25”品种的钠运输速率高 30% 和 95%。在盐度处理下,钠运输速率在品种间的差异较钠吸收速率在品种间的差异更为显著。在低盐度处理水平下,“科 26”品种的钠运输速率分别较“鲁麦 10 号”和“德系 j86-33-25”品种的高 52% 和 205%;在高盐度处理水平下,“科 26”品种的钠运

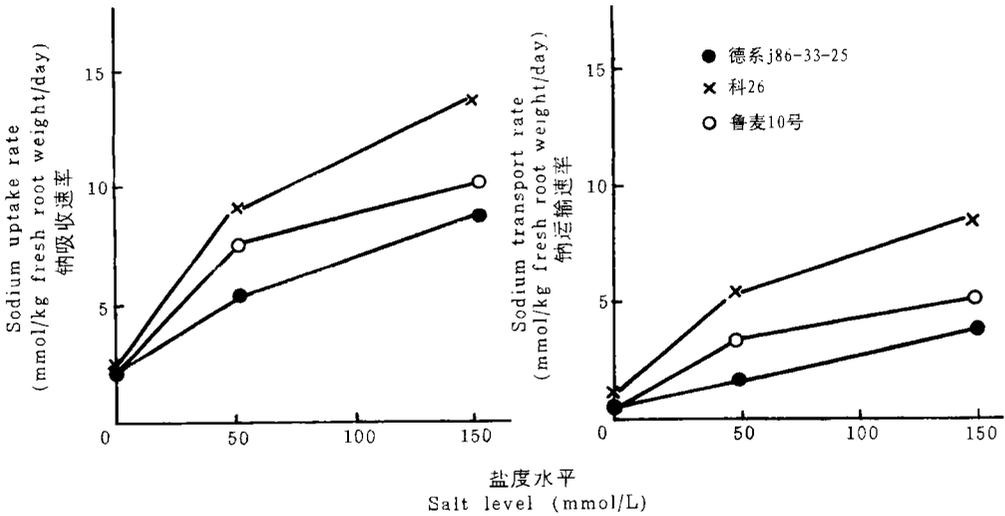


图2 不同盐度水平下小麦的钠吸收速率和钠运输速率

Fig.2 Sodium uptake rate and transport rate (mmol/kg fresh root weight/day) by wheat plants

输速率分别较其它两个品种高 60% 和 80%。

非盐渍条件下,小麦品种“德系 j86-33-25”、“鲁麦 10 号”和“科 26”的钠运输速率分别为钠吸收速率的 19%、28% 和 35%(图 2),因而小麦根系吸收的钠离子主要在根系中累积,而茎叶中钠离子的含量较低(表 2)。在低盐度处理水平下,“德系 j86-33-25”仍在根系中保留了较大的钠份额(植株全钠的 63%),而“科 26”则有 67% 的钠离子向地上茎叶中运输;在高盐度水平下,“德系 j86-33-25”品种根系中的钠为植株全钠的 43.6%,而“科 26”品种根系中的钠仅为植株全钠的 32.0%。这表明抗盐品种“德系 j86-33-25”能显著抑制钠离子从根系向地上部的运输^[7]。

3 结 论

本项研究表明,“德系 j86-33-25”、“科 26”和“鲁麦 10 号”三种小麦品种之间确实存在耐盐性差异,小麦品种“德系 j86-33-25”和“鲁麦 10 号”的耐盐性高于“科 26”品种。进一步分析表明,小麦品种“德系 j86-33-25”、“鲁麦 10 号”和“科 26”之间产生耐盐性差异的原因,是由于前两者对钾钠吸收和运输的选择性较强,因而能显著抑制钠的吸收及从根系向地上部的运输,最终维持茎叶适宜的钾 / 钠比值,有利于植株体正常的代谢;而“科 26”品种则由于其根系具有较强的吸收钠并向茎叶中运输的能力,因而最终影响了植株体内正常的代谢活动,导致耐盐性较低。

参 考 文 献

1. FAO. Salt-affected soils and their management. Rome. 1988
2. Akita, S., Cabuslay, G. S. Physiological basis of differential response to salinity in rice cultivars. *Plant and Soil*, 1990, 123(2):277—294
3. Mladenova, Y. I. Influence of salt stress on primary metabolism of *Zea mays* L. seedlings of model genotypes. *Plant and Soil*, 1990, 123(2):217—222
4. Sharma, P. C., Gill, K. S. Effect of salinity on yield and ion distribution in pearl millet genotypes. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 1992, 6(3):253—260
5. Tattini, M., Bertoni, P. Caselli, S. Genotypic responses of olive plants to sodium chloride. *J. Plant Nutr.*, 1992, 15:1467—1485
6. Flowers, T. J., Yeo, A. R. Effects of salinity on plant growth and crop yield. In: Ed. J H Cherry. *Environmental Stress in Plants, Biochemical and Physiological Mechanisms*. NATO ASI Series, Springer-Verlag, Berlin. 1989, 101—119
7. Greenway, H., Munns, H. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol*, 1980, 31:149—190

SALT-RESISTANCE AND IONIC CHARACTERISTICS OF THREE WHEAT VARIETIES UNDER SALT STRESS

Chen De-ming Yu Ren-pei

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing, 210008)

Summary

Three wheat (*Triticum aestivum*) varieties, 'Dexi j86-33-25', 'Ke 26' and 'Lumai No.10', were exposed to different concentrations of NaCl-Na₂SO₄ (0-50-150mmol / L) in a controlled pot culture system for 40 days. Fresh weights of roots, dry weights and the sodium and potassium contents of stems, leaves and roots were measured to determine growth rates of wheat plants, K / Na ratios, Na uptake rates, Na transport rates and K-Na selectivity ratios ($S_{K, Na}$).

Growth reduction by salt treatment was significantly greater in 'Ke 26' than in 'Dexi j86-33-25' and 'Lumai No.10'. 'Dexi j86-33-25' and 'Lumai No.10' showed a higher salt-resistance than 'Ke 26'. 'Dexi j86-33-25' and 'Lumai No.10' had a higher potassium content but a lower sodium content in stems and leaves than 'Ke 26' under salt stress. So 'Dexi j86-33-25' and 'Lumai No.10' had a higher K / Na ratio in stems and leaves than 'Ke 26' under salt stress. 'Dexi j86-33-25', 'Lumai No.10' and 'Ke 26' had a similar Na uptake rate in the control treatment, but the Na uptake rate, especially Na transport rate of three wheat varieties varied greatly with salt levels in media. 'Ke 26' had a higher Na uptake rate and Na transport rate than 'Dexi j86-33-25' and 'Lumai No.10'. Furthermore, 'Dexi j86-33-25' and 'Lumai No.10' exhibited a higher K-Na selectivity than 'Ke 26' at both whole plant level and shoot system level. Resistance mechanism of 'Dexi j86-33-25' and 'Lumai No.10' was probably related to Na exclusion by roots and to the ability to maintain an appropriate K / Na ratio in stems and leaves.

Key words Wheat varieties, Salt tolerance, Salt stress