

作物相对耐盐性的研究

I. 大麦和小麦不同生育期的耐盐性*

陈德明 俞仁培

(中国科学院南京土壤研究所, 210008)

摘 要

本文通过盆栽生物试验和室内培养试验,对大麦和小麦两种作物不同生长发育阶段的耐盐性进行了研究。结果表明,两种作物均在萌芽期、苗期和拔节孕穗期对土壤盐分最敏感。随土壤盐度增加,作物对钠的摄取量剧增,对钾的摄取量明显减少,对钙的摄取量在苗期和拔节孕穗期也有一定程度减少。此外,随土壤盐度增加,作物叶中 Ca/Na 比和 K/Na 比均降低,其中尤以 K/Na 比的降低最显著,表明盐分胁迫下作物吸钠对钾吸收的影响最大。

本文还就盐分敏感期作物易受盐分胁迫的可能机制进行了探讨。

关键词 作物耐盐性,生育期,大麦和小麦

在盐渍土壤中,由于存在过量的盐分,从而影响作物的生长和产量的提高。虽然土壤盐分在各生育期都对作物产生影响,然而对一些作物而言,作物对盐分的敏感性随生育期的不同而变化^[1,2]。国内外许多研究人员对作物生长早期的耐盐性作过大量研究^[3,4],但对不同生育期作物的耐盐性研究甚少,尤其是国内在这方面至今未有报道。本文对此进行了研究和探讨,以了解作物在全生育期的耐盐性。对于在萌芽期和生长早期对盐分敏感的作物,可采用一些栽培和管理措施,保证作物立苗;而对于在作物生长后期,特别是生殖生长期对盐分敏感的作物,除采取必要的管理措施外,还可通过调整作物播种期,达到避盐减灾的目的^[5]。因此,研究作物不同生育期耐盐性特点,对于指导盐渍化地区的农业生产、促进农业持续发展无疑将具有重大意义。

一、材料与方 法

(一) 供试土壤 河南封丘黄河高滩地的砂壤土, pH8.35, 电导率(1:5, 25℃)0.244 dS/m, 全盐量 1.0g/kg, CaCO₃95.8g/kg。

(二) 供试作物 小麦品种为“白郑引”, 大麦品种为“千斤不倒”。

(三) 盆栽生物试验 在温室进行, 测试作物在萌芽期、苗期、分蘖期、拔节孕穗期、抽穗扬花期和灌浆成熟期的耐盐性。每盆钵(高 20cm, 内径 14.5cm) 装土 3.0kg, 并配施纯 N 0.3g, P₂O₅ 0.15g, K₂O 0.3g, 分别以尿素和磷酸二氢钾在苗期、分蘖期和拔节孕穗期追施。试验设置四个盐度水平, 三次重复, 两种作物, 共计 144 盆。四个盐度处理为(1)土壤溶液渗透压为 0MPa(T₀); (2)土壤溶液渗透压

* 本文是陈德明硕士论文的一部分。

1) 曾宪修, 1989: 盐渍环境土壤溶液与作物耐盐的研究。国际盐渍土动态学术讨论会论文集。

为 $-0.4\text{MPa}(T_1)$;(3)土壤溶液渗透压为 $-0.8\text{MPa}(T_2)$;(4)土壤溶液渗透压为 $-1.6\text{MPa}(T_3)$ 。大麦各生育期耐盐性试验分别于1991年12月20日、1992年1月30日至2月3日、2月12日至16日、2月24日至29日、4月13日至18日和5月3日至7日分期进行土壤盐化处理;小麦各生育期耐盐性试验分别于1991年12月20日、1992年1月30日至2月3日、2月12日至16日、2月24日至29日、4月25日至30日和5月13日至17日分期进行土壤盐化处理。处理时,先配置具不同盐度水平的盐化液(盐类为NaCl),然后分期(5至6天)定量地将盐化液经盆钵中央的玻璃竖管灌入,使供试土壤逐步盐化。处理后,使土壤溶液渗透压(ψ_s)净增0、 -0.4 、 -0.8 和 $-1.6\text{MPa}(\text{NaCl})$ 。萌芽期试验于1991年12月23日直接播种,每盆20粒种子,其它各生育期试验的种子经恒温催芽后,于1991年12月28日移栽,每盆10株。各生育期盐化处理后约30天采样。试验时,保持萌芽期、苗期、分蘖期和灌浆成熟期土壤水分含量为饱和持水量的70%,拔节孕穗期和抽穗扬花期土壤水分含量为饱和持水量的80%。各生育期盐化试验结束后,采集植株样品,分部位测叶、茎、鞘的鲜重或干重,并测定其化学元素组成,测根的干重。生长后期进行考种记录。记录各生育期各处理作物的灌水量。另用盆钵装土 3.0kg ,记录各生育阶段土面蒸发量。

(四) 恒温培养试验 在恒温培养箱内(控制温度在 $20\pm 1^\circ\text{C}$)进行种子萌发试验和吸水速率测定。用覆有滤纸的表面培养皿盛放大麦和小麦种子,每皿100粒,四个盐度水平,含盐蒸馏水渗透压分别为0、 -0.4 、 -0.8 和 $-1.6\text{MPa}(\text{NaCl})$,重复三次。按时记录各处理种子的发芽数和异常发芽数,记录种子吸水量。

(五) 分析方法 植株Na、K用 0.5mol/L HCl 浸提24小时,火焰光度计法测定;植株Ca用干烧法灰化, 1.2mol/L 热盐酸提取,EDTA络合滴定法测定。

二、结果与讨论

(一) 大麦、小麦不同生育期的相对耐盐性

1. 大麦、小麦不同生育期的耐盐性 表1表明,大麦、小麦在不同生育期对盐分的忍耐力不同。萌芽期、苗期和拔节孕穗期大麦、小麦的相对生物量(或相对发芽率)随盐度的增加而明显下降,说明在这些生育阶段大麦、小麦较不耐盐;分蘖期和抽穗扬花期大麦、小麦耐盐性居中;而灌浆成熟期大麦、小麦较为耐盐,这主要是因为灌浆成熟期遭遇盐分,对大麦、小麦的相对生物量(相对秸秆产量)的影响已很小。此外,结果还表明,大麦较小麦耐盐。

2. 盐度对大麦、小麦生殖生长的影响 拔节孕穗期适当的盐度能加速幼穗的分化,促进大麦、小麦成熟(表2)。抽穗扬花期,当土壤溶液渗透压达 $-1.6\text{MPa}(T_3)$ 时,盐分对大麦、小麦颖花授粉和籽粒的形成有一定影响,此时单株结实数有较大幅度的减少,减幅在33%以上(表3)。在灌浆成熟期,土壤中高盐度对大麦、小麦籽粒形成的影响已明显减弱,表现在结实数和结实率呈相对稳定,但盐度的存在对籽粒的灌浆与成熟产生一定的影响。在高盐度条件下,大麦、小麦的功能叶过早枯黄,籽粒提早蜡熟,从而使籽粒产量和千粒重略有减少(表4)。

3. 盐度对大麦、小麦根系生长的影响 试验结果表明,盐度对大麦、小麦根系生长的影响与对地上部分生物产量的影响具有明显的一致性,以对苗期和拔节孕穗期影响较大,此时根系较易受盐分危害(表5)。

表 1 大麦、小麦不同生育期不同土壤盐度下的相对生物量(或相对发芽率)

Table 1 Relative biomass or relative germination percentages of barley and wheat at different growth stages under different soil salinity levels

作物 Crop	处 理 Treatment	萌 芽 期 Germination		苗 期 Seedling		分 蘖 期 Tillering	
		相对发芽率 Relative germination percentage	增减 Increment or decrement (%)	相对生物量 Relative biomass	增减 Increment or decrement (%)	相对生物量 Relative biomass	增减 Increment or decrement (%)
小 麦	T ₀	100		100		100	
	T ₁	90	-10	81	-19	96	-4
	T ₂	85	-15	69	-31	85	-15
	T ₃	25	-75	53	-47	66	-34
大 麦	T ₀	100		100		100	
	T ₁	88	-12	86	-14	99	-1
	T ₂	81	-19	84	-16	88	-12
	T ₃	19	-81	71	-29	83	-17
作物 Crop	处 理 Treatment	拔节孕穗期 Jointing and Booting		抽穗扬花期 Heading and Flowering		灌浆成熟期 Ripening	
		相对生物量 Relative biomass	增减 Increment or decrement (%)	相对生物量 Relative biomass	增减 Increment or decrement (%)	相对生物量 Relative biomass	增减 Increment or decrement (%)
小 麦	T ₀	100		100		100	
	T ₁	76	-24	93	-7	96	-4
	T ₂	58	-42	83	-17	96	-4
	T ₃	32	-68	77	-23	98	-2
大 麦	T ₀	100		100		100	
	T ₁	95	-5	99	-1	98	-2
	T ₂	92	-8	95	-5	106	+6
	T ₃	67	-33	88	-12	103	+3

表 2 拔节孕穗期不同盐度处理对大麦、小麦幼穗分化的影响

Table 2 Effect of salinity on young panicle differentiation of barley and wheat at the jointing and booting stages

作物 Crop	处 理 Treatment	穗干重 Ear dry weight (g/pot)	相对穗重 Relative ear weight	增 减 Increment or decrement (%)
小 麦	T ₀	0.31	100	
	T ₁	0.62	200	+100
	T ₂	0.54	174	+74
	T ₃	0.24	77	-23
大 麦	T ₀	0.91	100	
	T ₁	2.21	243	+143
	T ₂	2.23	245	+145
	T ₃	1.60	176	+76

表 3 抽穗扬花期不同盐度处理对大麦、小麦籽粒结实的影响

Table 3 Effect of salinity on seed setting of barley and wheat at the heading and flowering stages

作物 Crop	处理 Treatment	结实数 Grain number	结实率 Seed setting percentage (%)	相对结实数 Relative grain number	相对结实率 Relative setting percentage(%)
小 麦	T ₀	205	92	100	100
	T ₁	204	89	100	97
	T ₂	170	80	83	87
	T ₃	134	74	65	80
大 麦	T ₀	308	88	100	100
	T ₁	295	86	96	98
	T ₂	267	82	87	93
	T ₃	205	75	67	85

(二) 大麦、小麦不同生育期组织中化学元素组成

1. 大麦、小麦不同生育期地上部分钙状况 大麦、小麦地上部分组织对钙的吸收累积量,在苗期和拔节孕穗期呈随盐度增加而下降的规律,此时作物易感受钙的缺乏;在其它生育期,大麦、小麦地上部分吸钙量随盐度增加而有所增加,高盐度条件下尤其如此(表 6)。

2. 大麦、小麦不同生育期叶中钾、钠状况 钾是作物生长发育必需的大量营养元素。在非盐渍化土壤中生长的作物,其根系保持对钾的选择性吸收。随着土壤盐度增加,作物对钠的吸收大量增加,而对钾的吸收明显减少。因此,在所有生育期中,当大麦、小麦遭遇盐胁迫时,其叶中钠离子累积量急剧增加,而钾离子累积量则明显减少(表 7)。

3. 大麦、小麦不同生育期叶中 Ca/Na 比和 K/Na 比 钙在植物营养生理平衡中具有举足轻重的作用。钙盐能克服或缓解钠盐的毒害影响,改善盐渍条件下作物的生长^[2,7]。钙能改善原生质膜的结构,维持膜的选择透性,从而增加了离子从土壤中进入植物根系的选择性,即抑制作物对钠的吸收,而维持对钾的吸收^[3,8]。在盐渍条件下,随土壤盐度增大,大麦、小麦根系周围盐分溶液中 Na/Ca 比加大,使根系膜透性增加,从而使钠大量进入根系和植株体内,导致大麦、小麦组织中 Ca/Na 比随盐度增加而下降(表 8)。同时,由于土壤中非营养性盐分离子如钠的大量存在,导致营养元素摄取量严重不足,作物体内营养失调,K/Na 比大为降低(表 9)。因此,随盐度增加,大麦、小麦叶中 Ca/Na 比和 K/Na 比均呈下降的趋势,其中 K/Na 比较 Ca/Na 比下降幅度大,表明盐渍条件下,对钾吸收的影响较对钙的影响大。

(三) 大麦、小麦在盐分敏感期易受盐分胁迫的机制

大麦、小麦以萌芽期、苗期和拔节孕穗期耐盐性较差。作物在不同生育期表现出的耐盐性差异有其各自的生理特性。

1. 大麦、小麦萌芽期易受盐分胁迫的机制 温室盆栽试验和室内培养试验结果表明,种子在低盐度条件下,随盐度增加,萌芽延迟,发芽率减少;而在高盐度条件下(土壤溶液渗透压在 -1.6MPa 以上),种子萌发严重受抑,发芽率很低(表 1)^[1]。表 10 的结果表

表 4 灌浆成熟期不同盐度处理对大麦、小麦产量构成的影响

Table 4 Effect of salinity on yields of barley and wheat at the ripening stage

作物 Crop	处理 Treatment	结实数 Grain number	结实率 Setting percentage (%)	籽粒重 Grain yield (g/pot)	千粒重 Thousand-grain weight(g)	相对结实数 Relative grain number	相对结实率 Relative setting percentage (%)	相对籽粒重 Relative grain yield	相对千粒重 Relative thousand-grain weight
小 麦	T ₀	205	98	7.15	34.05	100	100	100	100
	T ₁	193	97	6.45	33.42	94	99	90	98
	T ₂	198	97	6.44	32.52	97	99	90	96
	T ₃	184	96	5.31	28.86	90	98	74	85
大 麦	T ₀	375	94	9.80	26.13	100	100	100	100
	T ₁	381	94	9.88	25.93	102	100	101	99
	T ₂	357	93	9.09	25.46	95	99	93	97
	T ₃	334	92	8.15	24.40	89	98	83	93

表 5 不同盐度处理对大麦、小麦不同生育期根系生长的影响

Table 5 Effect of salinity on growth of barley and wheat roots at different growth stages

作物 Crop	处理 Treatment	苗期 Seedling		分蘖期 Tillering		拔节孕穗期 Jointing and booting		抽穗扬花期 Heading and flowering		灌浆成熟期 Ripening	
		相对根重 Relative root weight	增 减 Increment or decrement (%)	相对根重 Relative root weight	增 减 Increment or decrement (%)						
小 麦	T ₀	100		100		100		100		100	
	T ₁	89	-11	98	-2	74	-26	95	-5	99	-1
	T ₂	57	-43	94	-6	53	-47	86	-14	98	-2
	T ₃	55	-45	87	-13	41	-59	79	-21	100	0
大 麦	T ₀	100		100		100		100		100	
	T ₁	94	-6	96	-4	89	-11	93	-7	101	+1
	T ₂	74	-26	94	-6	55	-45	92	-8	105	+5
	T ₃	74	-26	89	-11	42	-58	88	-12	104	+4

表 6 大麦、小麦不同生育期地上部分钙累积量

Table 6 Calcium accumulation in aerial parts of barley and wheat at different growth stages (mg/plant)

作物 Crop	处理 Treatment	苗期 Seedling	分蘖期 Tillering	拔节孕穗期 Jointing and booting	抽穗扬花期 Heading and flowering	灌浆成熟期 Ripening
小麦	T ₀	0.66	1.36	4.11	5.40	5.55
	T ₁	0.62	1.37	3.80	5.86	6.00
	T ₂	0.54	1.47	3.70	6.18	6.17
	T ₃	0.50	1.59	3.69	6.38	6.31
大麦	T ₀	0.88	1.29	5.82	8.60	9.01
	T ₁	0.76	1.31	5.67	8.91	9.69
	T ₂	0.75	1.33	5.59	10.86	9.87
	T ₃	0.73	1.60	5.42	12.32	10.02

表 7 大麦、小麦不同生育期叶中钾、钠累积量

Table 7 Potassium and sodium accumulation in leaves of barley and wheat at different growth stages (mg/plant)

作物 Crop	处理 Treatment	苗期 Seedling		分蘖期 Tillering		拔节孕穗期 Jointing and booting		抽穗扬花期 Heading and flowering		灌浆成熟期 Ripening	
		K	Na	K	Na	K	Na	K	Na	K	Na
		小麦	T ₀	2.16	0.18	2.31	0.17	7.91	0.46	6.33	0.32
T ₁	1.78		0.30	2.01	0.26	5.13	0.61	5.91	0.41	4.28	0.35
T ₂	1.46		0.43	1.67	0.41	3.21	0.80	5.58	1.14	4.21	0.57
T ₃	1.13		0.52	1.21	1.10	1.25	1.12	4.91	2.68	3.72	0.79
大麦	T ₀	2.48	0.47	2.46	0.54	7.68	2.59	17.79	1.59	7.47	4.75
	T ₁	1.80	0.53	1.97	0.81	6.34	4.36	14.17	1.66	6.93	4.87
	T ₂	1.65	0.55	1.48	0.83	5.63	5.22	11.47	4.19	6.84	5.23
	T ₃	1.33	0.61	1.39	1.61	3.89	5.42	11.32	5.20	6.75	5.31

表 8 大麦、小麦不同生育期叶中钙/钠比

Table 8 Ca/Na ratios in leaves of barley and wheat at different growth stages

作物 Crop	处理 Treatment	苗期 Seedling	分蘖期 Tillering	拔节孕穗期 Jointing and booting	抽穗扬花期 Heading and flowering	灌浆成熟期 Ripening
小麦	T ₀	3.66	5.33	4.45	5.35	11.53
	T ₁	2.09	3.76	2.95	5.37	10.87
	T ₂	1.27	2.23	1.97	2.31	7.01
	T ₃	0.96	0.97	1.06	1.04	5.13
大麦	T ₀	1.87	1.60	0.67	2.26	1.13
	T ₁	1.44	1.03	0.32	2.67	1.47
	T ₂	1.23	0.92	0.32	1.48	1.39
	T ₃	1.31	0.59	0.36	1.28	1.44

表 9 大麦、小麦不同生育期叶中钾/钠比

Table 9 K/Na ratios in leaves of barley and wheat at different growth stages

作物 Crop	处理 Treatment	苗期 Seedling	分蘖期 Tillering	拔节孕穗期 Jointing and booting	抽穗扬花期 Heading and flowering	灌浆成熟期 Ripening
小 麦	T ₀	12.13	13.70	17.30	17.10	16.78
	T ₁	5.92	7.72	8.34	13.70	12.62
	T ₂	3.42	4.07	4.01	4.44	7.54
	T ₃	2.16	1.10	1.12	1.73	5.32
大 麦	T ₀	5.23	4.59	2.96	5.88	1.60
	T ₁	3.40	2.42	1.17	5.53	1.46
	T ₂	2.69	1.78	1.08	2.18	1.34
	T ₃	2.41	0.86	0.89	1.55	1.31

表 10 大麦、小麦在不同盐度条件下萌发早期种子吸水速率

Table 10 Rate of water absorption of barley and wheat seeds during the initial stage of germination under different salinity levels (mg/g seed · hr)

种子 Seed	处 理 Treatment (MPa)	吸 水 时 间 Time				
		16hr	24hr	48hr	72hr	120hr
小麦 种子	0	28.20	10.70	6.69	3.52	0.68
	-0.4	26.98	6.95	4.02	3.50	1.84
	-0.8	25.67	5.46	2.87	1.92	1.16
	-1.6	24.05	4.27	1.09	0.44	0.10
大麦 种子	0	33.53	9.40	5.03	2.88	0.51
	-0.4	32.89	6.74	3.10	1.28	0.70
	-0.8	31.89	5.36	2.51	0.58	0.18
	-1.6	29.34	2.26	1.11	0.36	0.09

表 11 田间盐渍土壤的盐分表聚特性(采自封丘汪寨)

Table 11 The salt accumulation in the top soil layer under field conditions

土壤剖面 Soil profile	层 次 Soil layer (cm)	全盐量 Salt content (%)	1:5 提取液电导率 Electric conductivity (1:5, dS/m)
剖面 1	0—15	0.32	0.87
	15—30	0.30	0.76
剖面 2	0—15	0.31	0.96
	15—30	0.17	0.48
剖面 3	0—15	1.40	2.97
	15—30	0.16	0.42

明, 当溶液盐度为 -0.4MPa 时, 在种子吸水的前 16 小时内, 大麦和小麦种子的吸水速率为 32.89 和 26.98 毫克/克种子·小时; 而当溶液盐度增加到 -0.8MPa 时, 大麦和

表 12 大麦、小麦全生育期耗水量与耗水强度

Table 12 Water requirement of barley and wheat during the whole growth period

类型 Type	耗水参数 Parameter	苗 期 Seedling	分 蘖 期 Tillering	拔节孕穗期 Jointing and booting	抽穗扬花期 Heading and flowering	灌浆成熟期 Ripening
大麦	阶段耗水量(毫米)	28/12—25/1	25/1—24/2	24/2—11/4	11/4—30/4	30/4—25/5
	累积耗水量(毫米)	14.1	33.9	155.4	93.2	93.2
	需水强度(毫米/天)	14.1	48.0	203.4	296.6	389.8
小麦	阶段耗水量(毫米)	28/12—25/1	25/1—24/2	24/2—22/4	22/4—12/5	12/5—6/6
	累积耗水量(毫米)	11.3	31.1	155.1	75.4	80.2
	需水强度(毫米/天)	11.3	42.4	197.5	272.9	353.1
裸土	阶段蒸发量(毫米)	5.7	9.0	25.4	14.1	22.6
	累积蒸发量(毫米)	5.7	14.7	40.1	54.2	76.8
	蒸发强度(毫米/天)	0.21	0.30	0.53	0.71	0.90

小麦种子的吸水速率分别降为 31.89 和 25.67 毫克/克种子·小时。在种子吸水的其它时段也存在类似的规律。这表明,低盐度条件下,种子萌发延迟,是由于环境中水的势能低,影响了水分的有效性,从而使种子吸水速率降低(表 10),延缓了种子吸水过程和萌发,因此低盐度条件下种子萌发延迟主要是由水分胁迫引起;而高盐度条件下种子萌发严重受抑,除受渗透压影响外,可能还与高浓度盐分离子本身对种子内部代谢活动和酶活性的抑制有直接关系^[9]。

2. 大麦、小麦苗期易受盐分胁迫的机制 苗期是作物根系生长较快的一个时期,此时如果作物根系遭受高浓度盐分胁迫,根系周围土壤溶液的高渗透势致使土壤中水分有效性大为降低,抑制根系生长和对水分的吸收。盆栽试验结果表明,苗期作物遭遇盐分胁迫,其根系生长受到抑制(表 5)。而在田间条件下,轻质土壤中的盐分往往具表聚特性(表 11),从而使作物根系更易遭受高浓度盐分的专性毒害与水分胁迫,从而影响作物生长。

3. 大麦、小麦拔节孕穗期易受盐分胁迫的机制 大麦、小麦生长早期耗水量较少,至生长后期,即拔节期以后,耗水量急剧增加。因拔节孕穗期是作物地上部分和根系迅速生长阶段,也是营养生长与生殖生长并进时期,植株生物量的迅速增加导致的蒸腾作用大大加强,以及作物体内生理生化反应对水分需求的增加,使得该时期作物对水分的需求强度增加,日需水强度由分蘖期的 1mm 增至 3mm 左右(表 12)。由于土壤中的可溶性盐分对土壤水分具有亲和性,且随着土壤中的盐分浓度增加,这种亲和作用愈趋强烈,因此土壤中的盐分与作物根系乃至整个植株竞争土壤水分。由于拔节孕穗期作物需水强度增加,因而这种竞争尤为激烈;另一方面,拔节孕穗期也是作物根系迅速建立的时期,如果此时作物遭遇高盐度,势必影响根系建立,从而也影响作物竞争水分的能力。试验结果表明,高盐度条件下,拔节孕穗期大麦、小麦根系生长易受盐分危害(表 5),致使作物竞争吸收的水分大幅度减少,不能满足作物生理生化过程的需要,与之相对应,作物仅能维持较低的代谢水平和较低的生长速率。

参 考 文 献

1. 曾宪修, 1987: 河南封丘盐渍土与作物耐盐度。土壤水盐动态和盐碱防治, 科学出版社。
2. 章文华、刘友良, 1992: 钙对大麦幼苗盐胁迫的缓解效应。植物生理学通讯, 第28卷3期, 176—179页。
3. 王家玉, 1992: 植物营养元素交互作用研究。土壤学进展, 第20卷2期, 1—10页。
4. Maas, E. V. et al., 1977: Crop salt tolerance: Current assessment. *J. Irrig. Drain. Dir. ASCE*, 103: 115—134.
5. Somani, L. L., 1991: Crop production with saline water. Agro. Botanical Publishers.
6. FAO, 1988: Salt-affected soil and their management. Rome.
7. Hansen, E. H. et al., 1988: Effect of CaSO_4 and NaCl on growth and nitrogen fixation of leucaene leucocephala. *Plant and Soil*, 107(1): 95—99.
8. Hanson, J. B., 1984: The functions of calcium in plant nutrition. in *Advances in Plant Nutrition* (Vol.1).
9. Kozłowski, T. T., 1972: Water deficits and plant growth, Vol. III *Plant Responses and Control of Water Balance*.

STUDIES ON RELATIVE SALT TOLERANCE OF CROPS

I. SALT TOLERANCE OF BARLEY AND WHEAT AT DIFFERENT GROWTH STAGES

Chen Deming and Yu Renpei

(*Institute of Soil Science, Academic Sinica, Nanjing 210008*)

Summary

Excessive salt in salt-affected soil affects the growth and development of crops. Although soil salinity affects the growth and development of crops at all the growth stages, the salt-sensitiveness of some crops differ remarkably at various stages. Tolerance to salinity is not a fixed property of a species but varies with the growth stages of the crop.

A pot culture experiment was conducted to determine salt tolerance of barley and wheat at various growth stages. The soils tested were salinized at various stages with distilled water containing salt at four levels. After salinized, the osmotic potential of soil solution increased by 0, -0.4 , -0.8 and -1.6MPa , respectively.

The results showed that both barley and wheat were sensitive to salt at the germination stage, seedling stage, and jointing and booting stage. Plant element analysis indicated that sodium absorption of barley and wheat increased sharply, potassium absorption decreased remarkably, and calcium absorption decreased slightly with the increase of soil salinity. Leaf element analysis indicated that K^+/Na^+ ratios and $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ ratios in the leaves decreased during the whole growth and development period with the increase of salinity level in the medium. The mechanisms of salt stress at the salt-sensitive stages, ie. the germination stage, seedling stage, and jointing and booting stage, were also discussed in this paper. The mechanisms of salt stress can be attributed to water stress caused by soil salinity and ion stress.

Key words Salt tolerance, Growth stage, Barley and wheat