植物营养与肥料学报 2005,11(5): 654 - 658
Plant Nutrition and Fertilizer Science

氯化钠胁迫下施氮对冬小麦生长发育及体内氯、钠离子积累的影响

逄焕成[1], 杨劲松[2], 谢晓红[1]
(1 中国农业科学院土壤肥料研究所,北京 100081; 2 中国科学院南京土壤研究所,江苏南京 210008)

摘要: 温室盆栽试验研究了不同 NaCl 胁迫水平下施氮对冬小麦生长发育及氯、钠离子吸收特性的影响。结果表明,在盐胁迫下,施用化学氮肥能显著增加小麦株高与叶面积,使产量提高。施氮后不但增加了小麦植株体含氮量,而且抑制了苗期 Cl^- 在植株体的积累和生长后期 Na^+ 在植株体的积累。利用植株体 N/Cl 比和 N/Na 比可作为衡量施氮对小麦不同生育期植株体累积 Cl^-、Na^+ 抑制效果的指标。

关键词: 施氮; 氯化钠胁迫; 氯离子; 钠离子; 小麦
中图分类号: S512.106; Q945.78　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1008-505X (2005)05-0654-05

Effects of nitrogen fertilization on growth and vivo Cl^- and Na^+ accumulation of winter wheat under NaCl stress

PANG Huan-cheng[1], YANG Jin-song[2], XIE Xiao-hong[1]
(*1 Soils and Fertilizers Inst., CAAS, Beijing 100081, China; 2 Inst. of Soil Science, CAS, Nanjing 210008, China*)

Abstract: A pot experiment was conducted at glasshouse to study effects of nitrogen fertilization on growth and in corpore accumulation of Cl^- and Na^+ in winter wheat under NaCl stress. Urea and NaCl were served as the source of nitrogen and salt respectively. Experimental design was randomized complete block designs with three replications. Four rates of urea were applied: N 0 (no N applied), 0.1, 0.30 and 0.45 g/kg soil and four levels of NaCl were applied to make for soil salinity: 1.0, 2.0, 3.0 and 4.0g/kg soil. Urea and NaCl was single base applied after evenly mixed with the experiment soil. Seeds were sowed after forcing of germination, and thinning was carried out at 3-leaf stage. 5 plants for each pot were sampled at tillering stage. Distilled water was used to keep all treatment at same water content. The results indicated that nitrogen fertilization could increase plant height and leaf area significantly, and in turn increased wheat yield under NaCl stress conditions. The possible regulation mechanism of nitrogen fertilization was the augment of plant nitrogen content, resulted in the decrease Cl^- accumulation at early growth period and Na^+ accumulation at late growth period. N/Cl ratio and N/Na ratio of plant, as new measurement indexes to appraise effects of nitrogen fertilization to reduce accumulation of Cl^- and Na^+ in winter wheat was also brought forward.

Key words: nitrogen fertilization; NaCl stress; Cl^-; Na^+; winter wheat

关于肥、盐关系,在我国盐渍化地区有"以(有机)肥治盐碱"的经验总结[1]。前人在有机培肥改良盐渍土方面做了大量的研究工作,明确通过增施有机肥料,可增加土壤有机质含量,提高土壤肥力,改善盐渍土生态环境,促进脱盐,抑制返盐,改善土壤理化和土壤生物性状,以有机物质调控土壤肥盐平衡,进而提出"淡化肥沃层"理论[2-3]。有关在盐渍土壤上通过增施化学肥料提高作物产量的效果也

收稿日期: 2004-07-12　　**修改稿收到日期**: 2004-10-25
基金项目: 国家 973 项目(G1999010803); 农业部植物营养重点实验室基金; 中国农业科学院土壤肥料研究所所长基金资助。
作者简介: 逄焕成(1964—),男,山东高密市人,博士,研究员,主要从事盐渍土改良与水肥调控研究工作。

很明显。在盐碱地上，氮肥除供应小麦所需氮素营养外，还具有提高小麦抗盐能力的作用[4-5]。在生产实践中发现，麦苗出现盐害时，及早追施一定量的氮肥，可以减轻盐害症状，防止死苗[5]。但总的看来，在肥、盐关系研究方面，有机培肥与盐分关系研究较多，而化学肥料与盐分关系研究较少且缺乏定量化及盐害调控机理方面的有关研究[6]。为此，以冬小麦为试材，对氯化钠胁迫下施氮素化肥对小麦体内氯、钠积累特性影响及盐害调控机制进行研究，以探讨利用化学氮肥缓解作物盐害的可能性提供依据。

1　材料与方法

1.1　试验设计

盆栽试验用土采自山东陵县的潮土。土样过10mm 孔径筛。土样本底值为：土壤含盐量 1.0 g/kg，pH 8.37，有机质含量 9.536 g/kg，碱解 N 31.6 mg/kg，速效 P 7.05 mg/kg，速效 K 103.3 mg/kg。

试验在玻璃温室控制条件下进行。塑料盆直径为 20cm，高 35cm，下部封底，每盆装 2 kg 风干土。根据作物养分需求与土壤养分状况，每盆加入 1.2 g KH_2PO_4，均匀混入土壤。以尿素作 N 源，NaCl 为盐分来源。试验为两因素完全随机区组设计。氮肥处理设 4 个水平：无外源 N(N0)、低 N(N1)、中 N(N2)及高 N(N3)，分别按施氮量即，N 0、0.15、0.30 和 0.45 g/kg 的水平加入。盐分处理设 4 个水平：无外源盐(S1)、低盐(S2)、中盐(S3)、高盐(S4)，分别按 NaCl 0、2、4 和 6 g/pot 加入，从而形成土壤含盐量 1.0、2.0、3.0 和 4.0 g/kg 盐分梯度，每处理 3 次重复。尿素和 NaCl 均为与土壤混匀一次性底施。供试作物冬小麦，品种为咸阳大穗。种子经催芽露白后播种于盆内，每盆 20 粒。3 叶期间苗，留 10 株苗；分蘖期每盆采 5 株麦苗样，最后每盆定苗 5 株。试验时以无离子水补给土壤水分，保持各处理相同的水分状况。

1.2　测定项目与方法

于小麦 4 叶期、分蘖初期、分蘖后期和成熟期测定其株高、叶面积、植株干重。收获时测定其产量及产量构成因素等指标。

土壤盐分用水土比 5:1 浸提制备待测液，植株用湿灰法制备待测液。其中钠离子用火焰光度计法，氯离子用水浸提-滴定法测定；全氮以三酸消化法测定，分别测定钠离子、氯离子、全氮占子粒、茎秆、叶各组分干重的百分含量。根据上述各组分占整个植株体的权重，以加权平均法计算出钠离子、氯离子和全氮占整个植株体干重的百分含量。

2　结果与分析

2.1　NaCl 胁迫下施氮对小麦生长发育状况的影响

表 1 可见，小麦株高随着氯化钠胁迫程度增加依次降低。以土壤含盐量 4.0 g/kg(S4)处理，4 叶期小麦受抑制最为明显，其株高较低盐处理降低近 1 倍。施氮对株高的影响主要表现在小麦生长后期，表现为施氮处理株高显著高于无氮处理。

表 1 还看出，不同生育期 NaCl 胁迫对小麦的抑制程度表现为分蘖期大于灌浆期。叶面积表现为随盐胁迫增加而减少。施氮对缓解小麦盐害的作用因受盐胁迫的程度而变化，表现为在轻度胁迫与中度胁迫条件下缓解作用明显；在重度胁迫下，则表现为小麦生长前期效果小，而在生长后期效果大。在本试验施氮水平下，在相同盐胁迫条件下不同施氮水平之间叶面积差异较小。

作物干物质积累量是衡量作物光合生产能力高低的重要指标。表 2 结果表明，干物质积累量随 NaCl 胁迫增加而降低；从氮对 NaCl 胁迫的缓解作用看，无氮处理在不同盐胁迫条件下的生长状况最差，干物质积累量均显著低于施氮处理。但不同生长时期缓解效果表现不一，分蘖期表现为施氮对轻度胁迫条件下缓解作用明显，而对中度及重度胁迫下缓解作用不明显。随着小麦生长发育进程的不断推进，施氮缓解盐胁迫的效果渐显，至成熟期不同盐胁迫条件下施氮与不施氮处理之间的差异极为显著。

不同处理的小麦子粒产量变化趋势与成熟期干物质积累变化趋势基本一致。盐胁迫下无氮处理子粒产量均为最低，而施氮处理在盐胁迫情况下均获得较高产量，表现出施氮具有提高小麦耐盐能力，缓解盐害，促进增产的作用。分析小麦产量构成因素发现，盐胁迫下施氮处理小麦穗粒数与千粒重均显著高于无氮处理(表 2)。

综上所述，增施氮肥对于缓解小麦盐害效果明显，其中在小麦生长后期较前期表现更为突出，这与小麦生长后期生长势加强，小麦吸氮能力增强，提高小麦抗盐能力的作用有关。

表1 NaCl胁迫下施氮对小麦生长发育状况的影响

Table 1 Effect of nitrogen application on wheat growth under NaCl stress

处理 Treatment		4叶期株高 Height at 4 leaf stage (cm)	分蘖初期株高 Height at early tillering (cm)	分蘖后期 Late tillering stage		灌浆期 Milking stage	
				株高 Height (cm)	叶面积 Leaf area (cm^2)	株高 Height (cm)	叶面积 Leaf area (cm^2)
N0	S_1	13.5 a	23.2 b	25.0 b	51.4 c	48.0 b	248.4 ab
	S_2	12.0 a	24.0 b	26.5 b	67.2 c	27.0 c	61.5 c
	S_3	10.5 a	19.6 bc	27.0 b	76.0 c	27.0 c	70.5 c
	S_4	4.5 c	16.5 c	25.5 b	68.4 c	35.0 c	60.8 c
N1	S_1	13.0 a	32.0 a	39.0 a	292.1 a	32.0 c	71.9 c
	S_2	14.0 a	28.0 a	40.5 a	292.1 a	46.0 b	295.4 ab
	S_3	11.0 a	22.6 b	35.5 a	191.0 b	45.0 b	247.8 ab
	S_4	4.6 c	17.3 c	31.0 ab	129.7 bc	45.0 b	230.4 ab
N2	S_1	12.6 a	28.4 a	40.0 a	300.8 a	53.0 ab	184.0 b
	S_2	9.4 a	24.0 b	37.0 a	224.9 ab	50.0 ab	369.2 a
	S_3	10.3 a	22.5 b	37.0 a	167.1 b	52.0 ab	284.8 ab
	S_4	4.8 c	13.5 c	29.0 b	77.7 c	57.0 a	256.4 ab
N3	S_1	12.5 a	23.6 b	37.5 a	270.5 ab	60.0 a	204.3 b
	S_2	10.3 a	22.5 b	37.0 a	195.7 b	43.0 b	348.6 a
	S_3	8.9 b	18.7 bc	32.0 ab	111.0 bc	57.0 a	300.2 ab
	S_4	4.0 c	15.0 c	25.5 b	78.9 c	45.0 b	264.4 ab

注(Note)：不同小写字母表示处理间5%水平上的差异显著性，下同。Different small letters in each column mean significant at the 5% level, same as follows.

表2 氮肥对NaCl胁迫下小麦干物质生产及产量的影响

Table 2 Effect of nitrogen fertilization on wheat dry matter production and yield under NaCl stress

处理 Treat.		干物重 Dry matter (g/pot)		产量 Yield (g/pot)	粒数 Grains (No./pot)	千粒重 1000-grain (g)
		苗期 Seedling	成熟期 Mature			
N0	S_1	0.36 c	1.96 c	1.05 c	28.7 d	36.73 ab
	S_2	0.39 c	2.11 c	1.10 c	34.3 cd	32.24 ab
	S_3	0.43 c	2.25 c	1.40 c	37.3 cd	31.07 ab
	S_4	0.38 c	2.00 c	0.96 c	49.0 c	29.73 b
N1	S_1	1.46 a	9.48 ab	3.18 b	91.3 b	34.77 ab
	S_2	1.45 a	11.11 a	4.76 ab	116.7 ab	40.88 a
	S_3	0.96 ab	10.31 a	4.48 ab	107.7 b	41.40 a
	S_4	0.66 b	11.13 a	5.16 a	133.0 a	38.82 a
N2	S_1	1.39 a	11.53 a	3.58 b	108.3 b	33.03 ab
	S_2	1.07 ab	12.17 a	4.93 ab	118.7 ab	41.56 a
	S_3	0.80 ab	11.84 a	5.60 a	141.0 a	39.74 a
	S_4	0.40 c	11.97 a	5.56 a	143.0 a	38.86 a
N3	S_1	1.23 a	12.84 a	4.51 ab	117.0 ab	38.55 a
	S_2	0.99 ab	12.73 a	5.80 a	141.7 a	40.93 a
	S_3	0.58 b	10.51 a	5.14 a	119.0 ab	43.19 a
	S_4	0.39 c	9.46 ab	4.78 ab	117.7 ab	40.58 a

2.2 NaCl胁迫下施氮对小麦体内 Cl^-、Na^+ 的含量和分布的影响

2.2.1 对小麦体内 Cl^- 的含量和分布的影响 从对苗期和成熟期小麦植株体氯离子含量分析结果(表3)看出，植株体内氯离子含量随盐胁迫增加而增加；施氮处理在苗期和成熟期植株体氯离子平均含量较无氮处理分别降低19.85%和14.94%。不同施氮水平之间植株体氯离子含量无显著差异。不同生育期比较结果可见，苗期各处理植株体氯离子含量在0.12%～0.27%之间，而成熟期则在0.03%～0.10%之间。表明小麦苗期氯离子积累强度高于后期，这可能是小麦苗期抗盐性较差的原因。重度盐胁迫下小麦在苗期植株体内存在高含量的氯离子导致小麦植株矮小、叶面积发育缓慢。

从氯离子在植株器官的分布看，氯离子主要在叶片与茎秆积累，而在子粒中含量较低，氯离子含量顺序为叶＞茎＞子粒。茎中氯离子含量随盐胁迫增加而升高，施氮较不施氮茎的氯离子含量有下降的趋势，分别降低6.01%～12.12%；叶片中氯离子含量表现为S1处理显著低于其它盐胁迫处理，S2、S3、S4处理之间基本无差异，不同施氮水平之间叶片中

氯离子含量差异也较小；子粒中氯离子含量随盐胁迫增加而升高，施氮较不施氮子粒的氯离子含量有下降的趋势，分别比不施氮处理降低 8.33%～16.67%。

2.2.2　对小麦体内 Na^+ 的含量和分布的影响　表 3 还看出，小麦苗期对钠离子积累强度大于生长后期，苗期平均值为 0.47% 是后期(0.14%)的 3.36 倍。随盐胁迫增加植株体中钠离子含量增加。施氮后对小麦苗期钠离子的吸收影响较小，施氮处理仅比无氮处理降低 0.88%，而成熟期则差异较大，施氮处理比无氮处理降低 27.02%～31.34%。

从钠离子在植株体各生长发育器官的分布看，与氯离子分布相似，钠离子主要在叶片与茎秆积累，而在子粒中含量较低，其顺序为叶 > 茎 > 子粒。其中，茎中钠离子含量随盐胁迫增加而升高，与不施氮相比，施氮降低了茎的钠离子含量，下降幅度为 45.80%～50.47%。叶片中钠离子含量表现为随盐胁迫增加而增加，两者呈正相关，N1、N2、N3 处理分别比 N0 处理钠离子含量降低 7.30%、13.71% 和 14.52%。子粒中钠离子含量随盐胁迫增加而升高，但其增加幅度远小于茎、叶。与氯离子相反，施氮较不施氮子粒的钠离子含量有升高的趋势，施氮处理分别比无氮处理增高 12.00%～42.31%。

表 3　施氮对 NaCl 胁迫下小麦 Cl^-、Na^+ 的含量和植株体内分布的影响

Table 3　Effect of nitrogen fertilizer on Cl^-, Na^+ content and distribution in wheat under NaCl stress

处理 Treatment		Cl^- (%) 苗期 Seedling	成熟期 Mature 茎 Stem	成熟期 Mature 叶 Leaf	成熟期 Mature 子粒 Seed	植株平均 Aver. of plant	Na^+ (%) 苗期 Seedling	成熟期 Mature 茎 Stem	成熟期 Mature 叶 Leaf	成熟期 Mature 子粒 Seed	植株平均 Aver. of plant
N0	S_1	0.16 b	0.090	0.090	0.008	0.052	0.19	0.09	0.09	0.05	0.07 c
	S_2	0.20 a	0.105	0.195	0.011	0.077	0.45	0.14	0.21	0.06	0.12 b
	S_3	0.26 a	0.135	0.210	0.017	0.093	0.57	0.37	0.39	0.06	0.23 a
	S_4	0.27 a	0.165	0.210	0.019	0.106	0.68	0.47	0.55	0.09	0.31 a
N1	S_1	0.14 b	0.060	0.120	0.008	0.042	0.38	0.06	0.12	0.04	0.05 c
	S_2	0.17 b	0.105	0.210	0.009	0.071	0.43	0.12	0.27	0.07	0.11 b
	S_3	0.21 a	0.135	0.210	0.015	0.085	0.47	0.16	0.33	0.08	0.14 b
	S_4	0.23 a	0.165	0.210	0.018	0.097	0.66	0.24	0.43	0.10	0.19 b
N2	S_1	0.12 b	0.060	0.090	0.006	0.037	0.34	0.06	0.10	0.07	0.07 c
	S_2	0.15 b	0.090	0.195	0.009	0.063	0.43	0.11	0.24	0.08	0.11 b
	S_3	0.19 b	0.135	0.195	0.012	0.081	0.47	0.14	0.31	0.09	0.14 b
	S_4	0.22 a	0.150	0.190	0.018	0.089	0.63	0.22	0.42	0.09	0.18 b
N3	S_1	0.12 b	0.045	0.105	0.008	0.034	0.30	0.06	0.12	0.09	0.08 c
	S_2	0.15 b	0.105	0.180	0.009	0.067	0.41	0.12	0.21	0.09	0.12 b
	S_3	0.19 b	0.135	0.190	0.014	0.081	0.47	0.15	0.31	0.09	0.14 b
	S_4	0.22 a	0.150	0.200	0.016	0.090	0.63	0.23	0.42	0.10	0.19 b

2.3　施氮对 NaCl 胁迫下小麦体氮素含量的影响

施氮对同一盐胁迫条件下植株体中 N 含量影响较大，表现为苗期施氮处理小麦植株平均含 N 量比无氮处理提高 1 倍以上，成熟期提高 26.22%～29.77%(表 4)。在同一氮素水平下，苗期盐胁迫程度与植株 N 含量相关性较小，S2 和 S4 处理平均仅比 S1 处理高 3% 和 6%；成熟期植株体平均含 N 量除 S4 处理平均比 S1 处理降低 14.24% 外，S2 和 S3 处理仅比 S1 低 4.83% 和 3.11%。

从 N 在植株体各生长发育器官的分布来看，N 含量为子粒 > 叶 > 茎，这与钠离子、氯离子分布特性相反，表明 N 主要积累在子粒中。其中，茎的 N 含量随盐胁迫增加而降低，S2、S3、S4 比 S1 处理降低 18.82%～32.25%。施氮显著提高茎的 N 含量，较无氮处理增幅为 47.24%～71.09%；叶的 N 含量表现为随盐胁迫增加而降低，S2、S3、S4 比 S1 处理降低 13.94%～15.65%。不同施氮水平之间差异明显，N1、N2、N3 处理平均分别比 N0 处理高 66.67%、85.76% 和 70.70%；子粒中 N 含量随盐胁迫增加而下降，但其降低幅度低于茎、叶的相应值。施氮提高子粒含氮量，比无氮处理增高 57.10%～63.61%。

表4 氮对NaCl胁迫下小麦N含量及分布的影响(%)

Table 4 Effect of N fertilizer on N content and distribution in wheat under NaCl stress

处理 Treat.		苗期 Seedling	成熟期 maturity 茎 Stem	成熟期 maturity 叶 Leaf	成熟期 maturity 子粒 Seed	植株平均 Aver. of plant	处理 Treat.		苗期 Seedling	成熟期 maturity 茎 Stem	成熟期 maturity 叶 Leaf	成熟期 maturity 子粒 Seed	植株平均 Aver. of plant
N0	S_1	2.02	0.55	0.64	2.03	1.71	N2	S_1	4.37	1.46	1.59	3.33	2.69
	S_2	2.13	0.83	0.62	1.90	1.76		S_2	4.63	1.01	1.26	3.02	2.22
	S_3	2.21	0.59	0.76	1.76	1.85		S_3	4.46	0.91	1.08	3.05	2.23
	S_4	2.46	0.48	0.70	1.84	1.71		S_4	4.60	0.94	1.13	2.92	1.99
N1	S_1	4.30	1.12	1.15	2.84	2.09	N3	S_1	4.65	1.35	1.40	3.39	2.53
	S_2	4.46	0.82	1.09	2.99	2.31		S_2	4.67	0.98	1.06	3.04	2.29
	S_3	4.28	0.96	1.14	3.10	2.40		S_3	4.38	0.96	1.13	3.07	2.26
	S_4	4.63	0.71	1.16	2.90	2.06		S_4	4.63	0.91	1.06	2.74	1.98

3 讨论

施用化学氮肥能够明显缓解氯化钠胁迫造成的小麦盐害,促进作物生长发育,显著提高冬小麦产量。施氮不但提高小麦植株体含N量,而且显著降低苗期植株体对氯离子的吸收积累和减少生长后期对钠离子的吸收积累。

本试验结果看出,不同时期不同氮、盐处理小麦植株体氮素含量与氯离子含量、氮素含量与钠离子含量之间存在着某种关系,即植株体含氮量与含氯离子量比值(N/Cl比)和与含钠离子量比值(N/Na比)可以做为衡量施氮对缓解不同生育时期氯离子、钠离子累积的指标;也就是说,当N/Cl或N/Na比值越高,表示施氮对缓解植株体内氯离子或钠离子积累的效果越大,反之亦然。由图1可见,不同氮、盐处理植株体N/Na、N/Cl比值表现为随盐分胁迫加剧而降低。与不施氮相比,施氮后能显著提高苗期N/Cl比,而对生长后期N/Cl比提高幅度较小,显示出施氮后主要在苗期抑制氯离子吸收积累,而在生长后期抑制氯离子吸收积累作用较小。相反,施氮处理对苗期N/Na比增加幅度较小,而生长后期则显著提高,显示出施氮抑制钠离子吸收积累作用主要表现在生长后期,苗期抑制钠离子吸收作用较小。说明施氮主要调控苗期对氯离子吸收积累和生长后期对钠离子吸收积累。

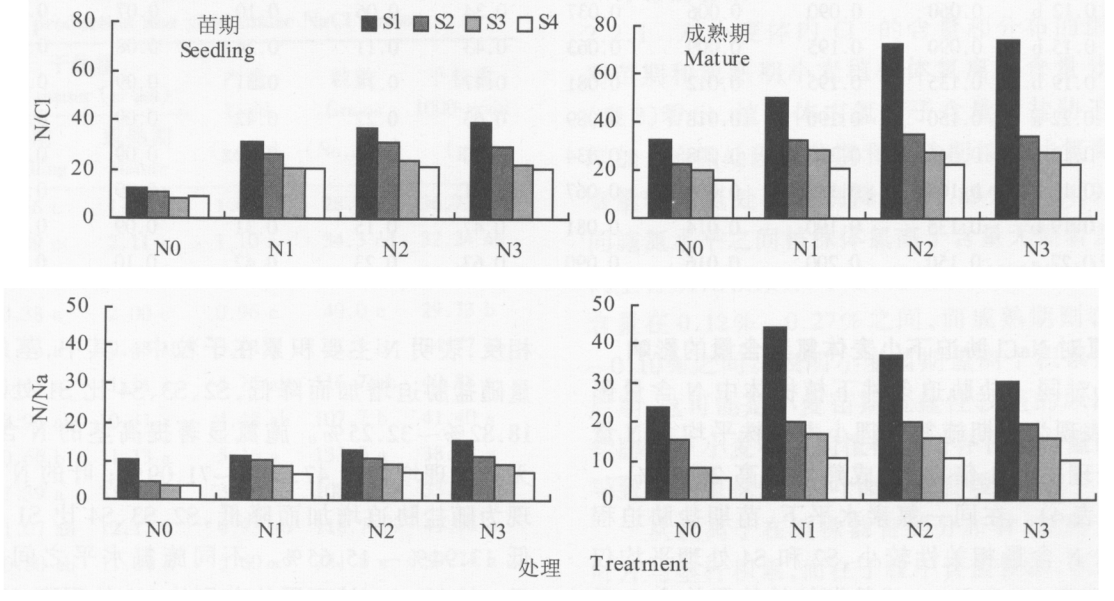

图1 氮肥对小麦植株体内N/Cl、N/Na比值的影响

Fig. 1 Effect of N fertilizer on N/Cl and N/Na ratio of wheat plant

[参考文献下转第664页]

[上接第 658 页]

参 考 文 献:

[1] 王遵亲. 中国盐渍土[M].北京: 科学出版社,1990,234-237.
Wang Z Q. Saline soil in China[M]. Beijing: China Scientific Press. 1990. 234-237.

[2] 魏由庆,严慧峻,张锐,等. 培肥工程在盐渍土水盐调控中的地位与作用[J]. 农业工程学报,1994,4 (增刊): 102-108.
Wei Y Q, Yan H J, Zhang R *et al*. The function of fertility enrichment in water-salt adjustment of salt-affected soil[J]. Transaction of the CSAE. 1994, 4 (suppl.): 102-108.

[3] 严慧峻,魏由庆,刘继芳,等. 涝洼盐渍土"淡化肥沃层"的培育与功能的研究[J]. 土壤学报,1994,31(4): 413-421.
Yan H J, Wei Y Q, Liu J F *et al*. Study on cultivate "lower saline fertility soil layer" in waterlogged salinity soil and its function[J]. Pedologocal Sinica. 1994, 31(4): 413-421.

[4] 陈德明,俞仁培. 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[J]. 土壤学报,1995,32(4): 414-422.
Chen D M, Yu R P. Studies on relative salt tolerance of crops Ⅰ. Salttolerance of barley and wheat at different growth stages[J]. Pedologocal Sinica,1995, 32(4): 414-422.

[5] 山东省农业厅. 山东小麦[M]. 北京: 中国农业出版社,1990. 303-311.
House of Agriculture of Shandong. Winter wheat in Shandong[M]. Beijing: China Agricultural Press, 1990. 303-311.

[6] 杨劲松,陈德明,沈其荣. 作物抗盐机理研究Ⅱ.小麦对盐分离子的吸收与运移[J]. 土壤学报,2002,39 (5): 759-762.
Yang J S, Chen D M, Shen Q R. Study on mechanisms of salt resistance of crop Ⅱ. Ionic absorption and translocation of five wheat varieties[J]. Pedologocal Sinica. 2002, 39 (5): 759-762.