〔韓作誌(Korean J. Crop Sci.) 40(3) : 340~350(1995)〕

NaCl 濃度가 이탈리안 라이그래스의 發芽와 幼苗生長에 미치는 영향

李康壽 · 崔善英 · 崔喆元*

Effect of NaCl Concentration on Germination and Seedling Growth of Italian Ryegrass(*Lolium multiflorum* L.)

Kang Soo Lee, Sun Young Choi and Chol Won Choi*

ABSTRACT : This study was conducted to obtain the basic information for the salt stress of Italian Ryegrass. Fourteen cultivars including 7 diploid and 7 tetraploid were subjected to eight levels of NaCl treatments during germination and early seedling stages. Germination percentage decreased remarkably over 300mM of NaCl concentration. The NaCl concentration that inhibited germination of 50% of the viable seeds in the cultivars was 344mM. The decreasing degree of germination percentage was higher in tetraploid type than in diploid type. The varietal difference of germination percentage was shown to be very conspicuous as the NaCl concentration increased. Top dry weight in 166 mM NaCl was decreased by 50% compared with that of control. Inhibition of NaCl appeared to be more in early seedling stage than in germination stage. Top dry weight of cultivars in NaCl stress was not related with germination capacity. Root dry weight in 148mM NaCl decreased by 50% compared with that of control. Root dry weight of cultivars was significantly correlated with top dry weight in NaCl treatment. Top dry weight and root dry weight was higher in diploid type than in tetraploid type at each 8 levels of NaCl concentration. Total chlorophyll content increased with the increase of NaCl concentration and the degree of increase in chlorophyll a was higher than that in chlorophyll b. Chlorophyll a was higher in tetraploid type than in diploid type. But chlorophyll b was higher in diploid type than in tetraploid type. There were significant correlation between chlorophyll a and top dry weight of cultivars over 150mM of NaCl concentration. Free proline content accumulated remarkably in NaCl treatment compared with control and was not difference between diploid type and tetraploid type. Free proline content of cultivars was not related with top dry weight in NaCl treatment.

Key words : Italian Ryegrass, Germination percentage, NaCl, Dry weight, Chlorophyll, Free proline.

최근 우리나라는 社會構造의 변화와 人口增加로 인하여 土地의 需要가 급증하면서 有效 農耕地

* 全北大學校 農科大學(College of Agriculture, Chonbok National University, Chonju 560-756, Korea)
** 이 論文은 1993년도 韓國學術振興財團의 公募課題 研究費에 의하여 研究되었음. 〈'95. 2. 23. 接受〉

가 都市化 및 産業化로 轉用됨에 따라 새로운 農地造成이 필요하게 되었다. 南西海岸地帶에 분포한 干拓 可能 面積中 農耕地로 개발할 수 있는 面積은 약 402千ha가 되는데, 이 중 87千ha는 이미 干拓이 완료되었으며[21], 현재 새만금 간척사업이 진행 중에 있어 干拓地에 대한 관심이 집중되고 있다. 그러나 干拓地의 土壤은 土性이 매우 불량하고 염분농도가 매우 높아 作物의 생육에 부적합하므로[15] 作物 收量의 안정적 확보를 위해서는 作土層의 除鹽 및 土壤改良과 耐鹽性 品種의 育成이 필요하다.

作物의 耐鹽性에 대한 硏究는 주로 벼를 중심으로 이루어져 왔으나 UR협상 이후 농가의 주소득원으로 쌀의 比重이 점차 약화되므로써 干拓地 農家 所得을 위한 새로운 作物의 연구가 요구되고 있다.

畜産物의 국가 競爭力 強化를 위해서는 飼料作物의 재배면적 확대가 필수적인데, 任 등[5,6]은 飼料作物 중에서 톨페스큐(Tall Fescue)와 톨휘트그라스(Tall Wheatgrass)가 高鹽地에서 被覆度와 건물수량이 우수하여 干拓地 草地造成에 사용할 수 있다고 하였다. 權과 金[10]은 干拓地 草地造成을 위한 導入濠州 品種의 耐鹽性을 調査한 결과 干拓地 土壤의 염분농도가 0.4%에서는 種子가 發芽되지 않았으나 0.2%에서는 發芽되어 생육이 가능하고 키쿠유그라스(Kikuyugrass)와 진주조(Peal Millet)가 분얼수와 수량성이 양호하다고 하였으며, 金과 金[8]은 飼料作物의 發芽限界 鹽濃度는 0.4~0.8%범위이며 耐鹽性이 가장 강한 品種은 퍼레니얼라이그라스(Perennial Ryegrass)와 톨페스큐(Tall Fescue)라고 하였다. 이와 같은 結果들은 干拓地에서 飼料作物의 재배 가능성이 있음을 보여주는 것이나 이탈리안 라이그라스(Italian Ryegrass)에서 發芽期 및 幼苗期의 鹽害發生機構에 대한 연구는 거의 찾아볼 수가 없다.

본 연구는 飼料作物중 畓裏作으로 재배할 수 있는 이탈리안 라이그라스의 鹽害反應에 대한 基礎資料를 얻고자 NaCl의 처리농도에 따른 몇 가지 生理 生態的인 반응을 調査하였다.

材料 및 方法

供試 品種의 種子는 農村振興廳 湖南作物試驗場 飼料作物室에서 분양 받은 1992년산 14개 品種으로 2배체인 Atalja, Bettina, Magnolia, Sakura Wase, Tachi Wase, Wase Yutaka, E. K-11 등의 7品種과 4배체인 Lirasand, Billiken, Ajax, Elving, Barrnultra, L.M-16, Tetra Florum 등의 7品種이었다.

1. NaCl의 濃度에 따른 發芽率 調査

種子를 비타지람으로 粉衣消毒한 후 지름이 9cm인 plastic petri dish에 여과지(Whatman No. 2) 2장을 깔고 50립씩 치상하였다. NaCl濃度는 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300 그리고 350mM의 8개 수준으로 조절하여 각각 5ml씩 3반복으로 처리하였다. 발아상이 온도는 20±1℃로 조절하였고, 습도는 70~75%로 조절하여 20일간 매일 발아상태를 調査하였다.

2. NaCl의 濃度에 따른 幼苗期 特性 調査

種子를 비타지람으로 粉衣消毒하여 상토를 채운 벼 이앙 상자(60×30×3cm)를 아크릴판으로 가로 세로 각각 4cm, 30cm로 구분하여 品種당 1g씩 난괴법 3반복으로 파종하였다. NaCl의 濃度는 영양액에 0, 50, 100, 150, 200 및 250mM의 6개 수준으로 조절하여 1일마다 상토가 포화되도록 처리하였다.

1) 地上部 및 地下部 乾物重

파종 후 30일에 시료를 採取하여 地上部와 地下部를 구분하고 80℃의 건조기에서 2일간 건조시켜 乾物重을 測定하였다.

2) 葉綠素 含量

葉綠素 含量은 Arnon 방법[1]을 참조하여 急速冷凍乾燥試料 100mg을 100ml의 80% acetone으로 암상태에서 4시간 抽出한 다음 spectrophotometer의 파장 663nm와 645nm에서 각각 흡광도

를 측정하였다.

3) 遊離 proline 含量

遊離 proline 含量은 Troll & Lindsley 방법을 간결하게 변형한 방법[2]으로 측정하였다. 측정 방법을 요약하면 200mg의 건조시료를 50ml test tube에 넣은 후 M.C.W(methanol : chloroform : water = 12 : 5 : 3V/V)溶媒 5ml를 넣고 攪拌하였다. 그 후 蒸溜水 8ml를 첨가하여 2,500 rpm에서 10분간 遠心分離하고 上澄液에 빙초산 5ml와 ninhydrine reagent(125mg nynhydrine : 3ml 빙초산 : 2ml 6M phosphoric acid) 5ml를 넣어 水槽에서 45분 동안 끓였다. 충분히 냉각시킨 다음 toluene(5~160ml)를 가하여 30분간 定置하고 spectrophotometer의 520nm에서 흡광도를 측정하였다. 遊離 proline의 표준곡선을 얻기 위하여 L-proline을 사용하였다.

結果 및 考察

1. NaCl 處理濃度에 따른 發芽率의 變化

NaCl濃度에 따른 14개 品種의 平均發芽率의 변화를 보면 그림 1과 같다. 品種들의 平均發芽率은 NaCl濃度가 250mM까지 증가하여도 80%이상을 유지하면서 변화 정도가 적었다. 그러나 NaCl 300mM에서는 73.7%로 NaCl 250mM의 84.6%보다 10%이상이 감소하였으며 NaCl 350mM에서는 39.2%로 감소 정도가 컸는데 對照區에 대하여 發芽率이 50% 감소되는 NaCl의 濃度는 344mM로 나타났다. 李 등[12]은 벼의 發芽率이 NaCl 0.75%에서 감소하기 시작하여 NaCl 1.5%에서는 감소 정도가 크다고 하였는데, 이탈리안 라이그라스의 경우 NaCl 350mM에서 크게 감소하는 것으로 보아 벼보다 NaCl에 대한 發芽耐鹽性은 높은 것으로 생각된다. 또한 金 등[9]은 이탈리안 라이그라스의 發芽耐鹽性이 호밀, 보리와 비슷하다고 하였는데, 모두가 겨울작물인 것으로 보아 겨울작물이 여름작물보다 發芽耐鹽性이 높은 것이 아닌가 생각된다. 한편, 品種들의 標準偏差는 NaCl濃度가 350mM까지 증가할수록 커졌는

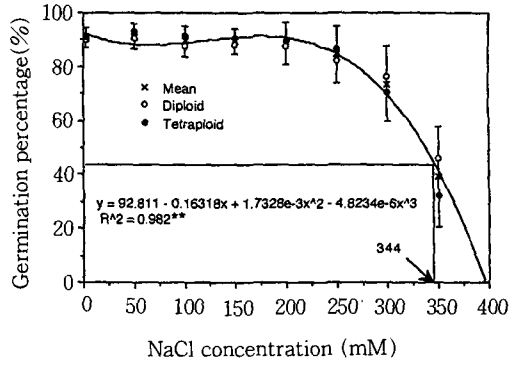

Fig. 1. Gremination percentage of 14 Italian Ryegrass cultivars(Diploid:7, Tetraploid:7) under the different NaCl concentration at 20℃.
Arrow symbol is NaCl concentration that inhibited germination of 50% of the viable seeds.

데 標準偏差가 큰 것은 品種들의 반응 차이가 NaCl의 濃度가 낮은 때보다 높을 때 뚜렷하게 나타나고 있음을 보여주는 결과로 생각된다. 供試品種을 2배체와 4배체로 구분하여 보면 NaCl의 濃度가 250mM까지는 4배체가 2배체보다 發芽率이 높게 나타났는데 NaCl 300mM과 350mM에서는 오히려 2배체가 4배체보다 높게 나타났다. 이와 같이 300mM과 350mM에서 2배체가 4배체보다 發芽率이 높은 것은 4배체가 2배체보다 NaCl 250mM까지 發芽率이 양호하기는 하나 NaCl에 대한 發芽耐鹽性은 2배체가 4배체보다 높다는 것을 암시하는 것으로 생각된다.

對照區와 NaCl의 각각 濃度, NaCl 350mM과 NaCl 각 濃度사이에서 14개 品種의 發芽率에 대한 相關關係는 표 1과 같다. 對照區와 NaCl의 각 濃度間의 相關關係를 보면 NaCl 300mM까지는 고도의 有意性이 인정되었으나 NaCl 350mM과는 有意性이 인정되지 않았다. 그런데 NaCl 350mM은 NaCl 300mM에서와는 높은 有意性을 보였으나 NaCl 250mM이하에서와는 有意性이 인정되지 않았다. 이와 같은 결과는 對照區에서의 發芽率에 대한 品種들의 경향이 NaCl 300mM까지는 비슷하나 NaCl 350mM에서는 그 경향이 다

Table 1. Correlation coefficients(r) for 14 Italian Ryegrass cultivars between germination percentage at control, 350mM NaCl and those at each NaCl concentration

	NaCl concentration(mM)							
	0	50	100	150	200	250	300	350
Germination percentage at control	–	0.888**	0.848**	0.914**	0.833**	0.876**	0.767**	0.276
Germination percentage at 350mM NaCl	0.276	0.001	0.032	0.130	0.226	0.215	0.670**	–
Ratio of germintion percentage to control	–	0.644**	0.798**	0.686**	0.920**	0.973**	0.986**	0.995**

*, ** symbols are significant at 5% and 1% level, respectively

르다는 것을 나타내는 것이며 NaCl 350mM에서와 NaCl 300mM에서 높은 有意性이 인정되는 것은 NaCl 350mM에서 品種들의 경향이 NaCl 300mM부터 나타나기 시작하는 것을 암시하는 것으로 생각된다. 한편, NaCl의 각 濃度에서 品種들의 發芽率은 品種들의 對照區에 대한 發芽 減少率사이에 높은 相關關係가 인정되는 것으로 보아 NaCl의 억제 정도에 의하여 品種間 差異가 나타나는 것이 아닌가 생각된다.

2. NaCl의 處理濃度에 따른 幼苗期特性의 變化

1) 地上部 乾物重

NaCl濃度에 따른 14개 品種들의 平均地上部 乾物重 변화를 보면 그림 2와 같다. 品種들의 平均地上部 乾物重은 NaCl의 濃度가 높아짐에 따라 감소하여 NaCl 166mM濃度에서 對照區에 대한 50%의 감소를 나타냈다. 이와 같은 결과와 품종들의 發芽率과 비교해 볼 때 發芽率이 對照區의 50% 이상 억제되는 NaCl의 濃度는 344mM인데 地上部 乾物重은 166mM에서 對照區에 비하여 50% 감소가 일어나 發芽期보다 幼苗期에 NaCl에 대한 반응이 더 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 品種間 地上部 乾物重의 標準偏差는 NaCl濃度가 증가할수록 작아지는 것으로 나타났는데, 이는 NaCl에 대한 品種들의 發芽率과 相反되는 결과로

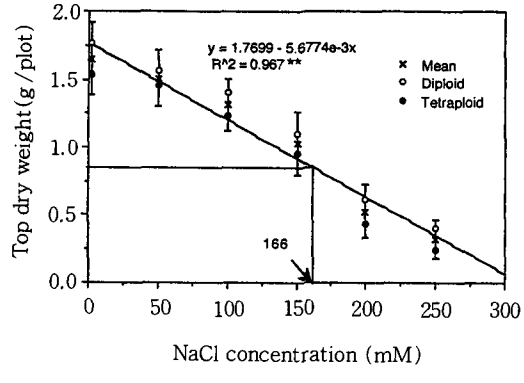

Fig. 2. Top dry weight of 14 Italian Ryegrass cultivars(Diploid:7, Tetraploid:7) under the different NaCl concentration. Arrow symbol is the same as Fig. 1.

14개 品種 모두 NaCl에 대한 地上部 乾物重의 억제반응이 크기 때문인 것으로 해석된다. 供試 品種을 2배체와 4배체로 구분하여 보면 NaCl에 대한 地上部 乾物重의 반응은 모든 NaCl濃度에서 2배체가 4배체보다 높았으며 NaCl의 濃度가 증가함에 따라 모두 비슷한 감소 경향을 보였다.

NaCl처리에 따른 地上部 乾物重에 대한 品種들의 경향을 對照區와 각 NaCl濃度 그리고 NaCl 250mM과 각 NaCl濃度사이의 상관계수로 표시하면 표 2와 같다. 對照區와 각각의 NaCl濃度사

Table 2. Correlation coefficients(r) for 14 Italian Ryegrass cultivars between top dry weight at control, 250mM NaCl and those at each NaCl concentration

	NaCl concentration(mM)					
	0	50	100	150	200	250
Top dry weight at control	–	0.789**	0.773**	0.616**	0.472	0.212
Top dry weight at 250mM NaCl	0.212	0.032	0.130	0.190	0.853**	–
Ratio of top dry weight to control	–	0.048	0.112	0.669**	0.901**	0.900**

*, ** symbols are significant at 5% and 1% level, respectively

Table 3. Correlation coefficients(r) for 14 Italian Ryegrass cultivars between germination percentage in 300mM, 350mM and top dry weight under the different NaCl concentration

	Top dry weight at each NaCl concentration(mM)					
Variable	0	50	100	150	200	250
Germination percentage at 300mM NaCl	0.110	0.145	0.387	0.524	0.259	0.454
Germination percentage at 350mM NaCl	0.217	0.178	0.242	0.397	0.370	0.432

이에서의 相關關係를 보면 NaCl 150mM까지는 유의확률 0.01이하의 有意性이 인정되었는데 NaCl 200mM이상에서는 有意性이 인정되지 않았다. NaCl 250mM과 각각의 NaCl濃度와의 相關係數를 보면 NaCl 150mM까지는 有意性이 인정되지 않았으나 NaCl 200mM과는 有意性이 높았다. 각각의 NaCl濃度에서 品種들의 地上部 乾物重과 對照區에 대한 감소율과의 사이에는 NaCl 100mM까지는 有意性이 인정되지 않았으나 NaCl 150, 200 그리고 250mM에서는 有意性이 높았다.

이와 같은 결과는 對照區에서 地上部 乾物重에 대한 品種들의 경향이 NaCl 150mM까지는 서로 비슷하나 NaCl 200mM이상에서는 그 경향이 아주 다르며, NaCl 250mM에서 品種들의 경향은 NaCl 200mM에서부터 나타나는 것을 암시하는 것으로 생각된다. 또한, NaCl의 濃度 150, 200 및 250mM에서 地上部 乾物重에 대한 品種들의 경향은 NaCl에 대한 감소 정도와 밀접한 관계가 있음을 나타내고 있는 것으로 생각된다.

NaCl濃度에 따른 品種들의 地上部 乾物重과 發芽率에서 NaCl처리에 대한 相關關係를 표 3에서 보면 NaCl의 모든 濃度에서 留意性이 인정되지 않았다. 이는 NaCl에 대한 品種들의 發芽期 반응과 幼苗期의 반응이 서로 다르게 나타나고 있음을 암시하는 것으로 벼[17,18], 보리[2,16], 밀[19] 그리고 알팔파[20] 등에서의 결과들과 일치하는 경향이었다. 이와 같은 결과는 이탈리안 라이그라스의 내염성 品種의 선발이나 육종에 있어서 내염성 검정을 발아기와 유묘기 등 생육 시기별로 구분하여 실시하여야 한다는 것을 암시하고 있다.

2) 地下部 乾物重

NaCl濃度에 따른 14개 品種들의 平均地下部 乾物重의 변화를 보면 그림 3과 같다. 品種들의 平均地下部 乾物重은 NaCl의 濃度가 높아짐에 따라 감소하여 NaCl 148mM濃度에서 對照區에 대하여 50%의 감소를 나타냈다. 이와 같은 결과는 品種들의 地下部 乾物重과 비교해 볼 때 地上部 乾物重이 對照區의 50% 이상 억제되는 NaCl의 濃

度가 166mM인데 地下部 乾物重은 148mM인 것으로 보아 地上部보다 地下部가 NaCl에 대한 반응이 더 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. Mozafer와 Goodin[13]은 염분 조건하에서 地上部보다 地下部의 피해가 더 크다고 하였으며, 任과 沈[7]은 地下部가 직접적으로 고농도의 염분과 접촉하기 때문에 地上部보다 감소 경향이 크다고 하였는데 본 결과도 이들과 일치하는 경향을 보였다. 品種間 地下部 乾物重의 標準偏差는 NaCl濃度가 증가할수록 작아지는 것으로 나타났는데, 이는 NaCl에 대한 品種들의 地上部 乾物重과 비슷한 경향으로 14개 品種 모두 NaCl에 대한 地下部 乾物重의 억제반응이 크기 때문인 것으로 해석된다. 供試品種을 2배체와 4배체로 구분하여 보면 NaCl에 대한 地下部 乾物重은 地上部 乾物重과 마찬가지로 모든 NaCl의 濃度에서 2배체가 4배체보다 높았는데 NaCl의 濃度가 증가함에 따라서 모두 비슷한 감소 경향을 보였다.

對照區와 NaCl 250mM에서의 地下部 乾物重에 대한 品種들의 경향을 기준으로 NaCl의 여러 濃度와의 相關關係를 살펴보면 표 4와 같다. 對照區와 각 NaCl濃度사이에서의 相關關係를 보면 NaCl 50mM까지는 有意性이 인정되었는데 NaCl 100mM이상에서는 有意性이 인정되지 않았다. NaCl 250mM에서와 각 NaCl濃度에서와의 相關係數를 보면 대조구와 NaCl 100mM에서는 有意性이 인정되지 않았으나 NaCl 150mM에서와 약간의 有意性이 인정되었고 NaCl 200mM에서와는 고도의 有意性이 인정되었다. NaCl의 각 농도에서 대조구에 대한 品種들의 地下部 乾物重의 비율과 地下部 乾物重과의 相關關係를 보면 NaCl 100mM이상에서부터 高度의 유의성이 인정되었다.

이와 같은 결과는 地下部 乾物重이 對照區에서 많았던 品種이 NaCl 50mM까지 대체적으로 계속해서 많으나 NaCl 100mM이상에서는 그 경향이 아주 다르다는 것을 나타내고 있고 NaCl 250mM에서 品種들의 경향은 NaCl 150mM에서부터 나타나며 NaCl濃度 100, 150, 200 및 250mM에서의 地下部 乾物重에 대한 品種들의 경향은 NaCl에 대한 감소 정도에 밀접한 관계가 있음을 나타내고 있는 것으로 생각된다.

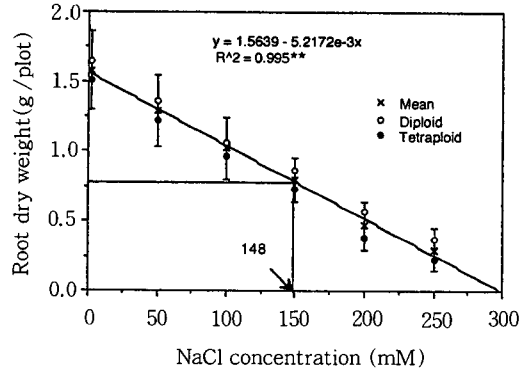

Fig. 3. Root dry weight of 14 Italian Ryegrass cultivars(Diploid:7, Tetraploid:7) under the different NaCl concentration. Arrow symbol is the same as Fig. 1.

Table 4. Correlation coefficients(r) for 14 Italian Ryegrass cultivars between root dry weight at control, 250mM NaCl and those at each NaCl concentration

Variable	NaCl concentration(mM)					
	0	50	100	150	200	250
Root dry weight at control	–	0.734**	0.141	0.109	0.109	0.195
Root dry weight at 250mM	0.198	0.114	0.219	0.589*	0.862**	–
Ratio of root dry weight to control	–	0.505	0.666**	0.740**	0.740**	0.842**

*, ** symbols are significant at 5% and 1% level, respectively

Table 5. Correlation coefficients(r) for 14 Italian Ryegrass cultivars between top dry weight, ratio to control in top dry weight and root dry weight, ratio to control in root dry weight under the differenct NaCl concentration

Variable	NaCl concentration(mM)					
	0	50	100	150	200	250
	Root dry weight					
Top dry weight	0.569*	0.638**	0.784**	0.866**	0.816**	0.871**
	Root to control in root dry weight					
Ratio of top dry weight to control	–	0.361	0.373	0.650**	0.773**	0.893**

*, ** symbols are significant at 5% and 1% level, respectively

NaCl濃度에 따른 品種들의 地下部 乾物重과 地上部 乾物重과의 相關關係를 표 5에서 보면 모든 NaCl의 濃度에서 有意性이 인정되었다. 이와 같은 결과는 NaCl의 處理有無에 관계없이 地下部 乾物重이 많은 品種이 地上部 乾物重도 많았음을 나타내고 있다. 한편, NaCl處理에서 品種들의 對照區에 대한 地下部 乾物重의 감소 정도와 地上部 乾物重의 감소 정도와는 NaCl 150mM이상에서 유의적인 相關關係가 인정되었는데, 이는 地上部나 地下部가 NaCl의 영향을 동일하게 받으므로써 地下部 乾物重의 감소 정도가 큰 品種이 역시 地上部 乾物重도 크게 나타나는 것으로 생각된다.

3) 葉綠素 含量

NaCl濃度에 따른 14개 品種의 葉綠素 含量 變化를 보면 그림 4와 같다. 品種들의 Total 葉綠素 含量은 NaCl의 濃度가 높아짐에 따라 증가하는 경향이었으며 葉綠素 b보다 a의 증가 정도가 컸다. Total 葉綠素, 葉綠素 a와 葉綠素 b에 대한 品種들의 標準偏差는 NaCl濃度가 높아짐에 따라 증가하였다. 이와 같은 결과는 崔[2]와 李 등[11]이 보리와 벼에서 각각 葉綠素의 含量은 NaCl濃度가 증가함에 따라 감소한다고 보고한 결과와는 상반되는 것이나 이탈리안 라이그라스의 유묘기에는 엽록소 함량이 NaCl의 농도가 높아질수록 증가되었다는 金[9]등의 보고와는 일치하는 경향이 있다. 결국 이탈리안 라이그라스에서 NaCl濃度가 높아짐에 따라 Total 葉綠素가 증가하는 것은 葉綠素 a와 b가 증가하기 때문일 것인데 NaCl의 처리에 따라 葉綠素의 活性이 감소하여 광합성의 산물인

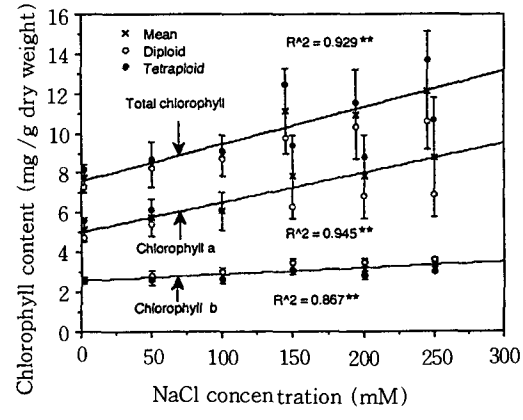

Fig. 4. Chlorophyll content of 14 Italian Ryegrass cultivars(Diploid:7, Tetraploid:7) under the different NaCl concentration.

乾物重의 생성이 저조하기 때문에 상대적으로 葉綠素의 含量이 증가하는 것으로 표현되는 것인지는 더욱 검토해야 할 것이다. 供試 品種을 2배체와 4배체로 구분하여 보면 NaCl에 대한 Total 葉綠素와 葉綠素 a의 含量은 4배체가 2배체보다 각각의 NaCl濃度에서 대체적으로 높게 나타났으며, 葉綠素 b의 含量은 4배체가 2배체보다 각각의 NaCl濃度에서 낮게 나타나 葉綠素 a와 b는 서로 반대되는 결과를 나타냈다.

對照區와 NaCl 250mM에서 品種들의 Total 葉綠素, 葉綠素 a, b 그리고 葉綠素 a/T와 각각의 NaCl 濃度사이에서의 그것들과 相關關係를 보면 표 6과 같다. Total 葉綠素 含量은 對照區와 NaCl의 모든 濃度에서 有意性이 인정되지 않았으

Table 6. Correlation coefficients(r) for 14 Italian Ryegrass cultivars between total chlorophyll, chlorophyll a, b and a/T at control, 250mM NaCl and those at each NaCl concentration

Variable	NaCl concentration(mM)					
	0	50	100	150	200	250
			Total chlorophyll			
Top chlorophyll at control	–	0.336	0.114	0.340	0.424	0.492
Total chlorophyll at 250mM NaCl	0.242	0.292	0.333	0.819**	0.577*	–
			Chlorophyll a			
Chlorophyll a at control	–	0.438	0.084	0.418	0.449	0.448
Chlorophyll a at 250mM NaCl	0.448	0.110	0.295	0.860**	0.557*	–
			Chlorophyll b			
Chlorophyll b at control	–	0.134	0.219	0.349	0.071	0.127
Chlorophyll b at 250mM NaCl	0.127	0.232	0.673**	0.612**	0.582*	–
			Chlorophyll a/T			
Chlorophyll a/T at control	–	0.571*	0.786**	0.881**	0.760**	0.871**
Chlorophyll a/T at 250mM NaCl	0.871**	0.546*	0.518*	0.853**	0.706**	–

*, ** symbols are significant at 5% and 1% level, respectively

나 NaCl 250mM濃度에서와 NaCl 150mM 그리고 200mM에서와는 유의적인 相關關係가 인정되었으며 葉綠素 a와 b의 含量도 Total 葉綠素 含量과 같은 경향이었다. 葉綠素 a/T는 對照區와 NaCl의 모든 濃度에서 有意性이 인정되었는데 이는 品種들의 葉綠素 含量은 NaCl의 처리에 의하여 변화되나 葉綠素 a/T는 변화하지 않는다는 것을 나타내는 것으로 생각된다.

NaCl濃度에 따른 品種들의 地上部 乾物重과 Total 葉綠素, 葉綠素 a, 葉綠素 b含量 그리고 葉綠素 a/T와의 相關關係는 표 7과 같다. Total 葉綠素 含量과 葉綠素 a의 含量은 150, 200, 250mM濃度에서 地上部 乾物重과 有意性이 인정되었으나 다른 NaCl濃度에서 有意性이 인정되지 않았다. 葉綠素 b는 NaCl의 모든 濃度에서 地上部 乾物重과 有意性이 인정되지 않았으며, 葉綠素 a/T는 200, 250mM濃度에서 有意性이 인정되었으나 다른 濃度에서는 有意性이 인정되지 않았다. 이러한 결과는 NaCl濃度에 대한 地上部 乾物重과 葉綠素 含量의 변화가 150mM濃度 이상에서 서로 밀접한 관계가 있으며 葉綠素 a가 많은 品種이 地上部 乾物重이 높다고 볼 수 있었는데, Total 葉綠素의 변화는 葉綠素 a含量의 영향을 많이 받는 것으로 볼 때 NaCl의 처리에서 乾物重의 증가에는 葉綠素 a의 역할이 크기 때문이 아닌가 생각된다.

4) 遊離 proline含量

Table 7. Correlation coefficients(r) for 14 Italian Ryegrass cultivars between total chlorophyll, chlorophyll a, b and a/T and top dry weight under the different NaCl concentration

Variable	Top dry weight at each NaCl concentration(mM)					
	0	50	100	150	200	250
Total chlorophyll	0.519	0.215	0.095	0.690**	0.657**	0.658**
Chlorophyll a	0.525	0.148	0.000	0.620**	0.686**	0.681**
Chlorophyll b	0.327	0.286	0.268	0.358	0.084	0.192
Chlorophyll a/T	0.462	0.045	0.288	0.344	0.584*	0.714**

*, ** symbols are significant at 5% and 1% level, respectively

NaCl濃度에 따른 14개 品種들의 遊離 proline 含量(이하 proline함량)의 변화를 보면 그림 5와 같다. 品種들의 proline含量은 NaCl濃度가 높아짐에 따라 증가하였는데, NaCl 100mM까지는 완만한 증가를 보였으나 150mM이상에서는 증가폭이 컸다. 標準偏差는 NaCl의 濃度가 증가할수록 증가하여 品種間 差異도 크게 나타났다. 이와 같이 NaCl 처리에 의하여 proline의 함량이 증가하는 것은 타식물의 경우와 일치하는 것으로 아마도 일반적인 경향이 아닌가 생각된다. Chu 등[3]은 大麥의 수분 부족과 염분의 반응에서 proline이 급속히 축적되는데 proline은 鹽生植物의 體內 滲透劑로써 작용하고 있는 것 같다고 하였으며 Hanson 등[4]은 식물이 수분부족에 처하게 되면 proline의 前驅體인 glutamic acid의 carboxyl group이 aldehyde group으로 환원되므로써, proline이 합성되며 체내에서 합성된 proline은 식물체의 다른 부위로 전류한다고 하였다. 崔[2]와 李 등[11]은 보리와 벼에서 NaCl濃度 增加에 따라 proline含量이 현저히 증가하였으며, 品種間 差異가 크다고 하였다. 供試 品種을 2배체와 4배체로 구분하여 보면 NaCl에 대한 proline含量은 NaCl 200mM까지는 2배체와 4배체 모두 같은 경향으로 증가하였으나 NaCl 250mM에서는 4배체가 2배체보다 약간 높게 나타났다.

南[14]은 벼 品種들에서 일반계와 통일계로 구분하여 볼 때 NaCl처리에서 일반계와 통일계보다 耐鹽性이 강하며 proline축적도 높았다고 하였는데, 崔[2]도 보리에서 耐鹽性이 강한 品種이 proline축적도 높았다고 하였다. 그러나 이탈리안 라이그라스의 경우 NaCl 250mM에서 4배체가 2배체보다 proline의 含量이 다소 많은 것을 耐鹽性

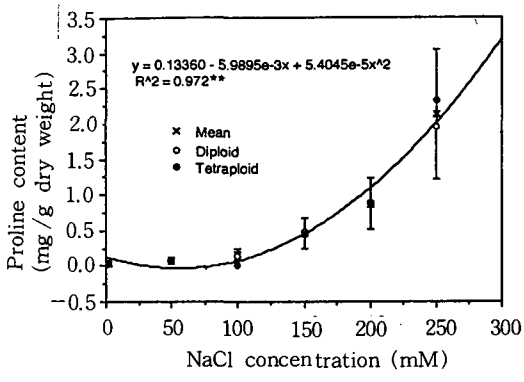

Fig. 5. Proline content of 14 Italian Ryegrass cultivars(Diploid:7, Tetraploid:7) under the different NaCl concentration.

의 강약과 관련지어 설명하기에는 어려움이 있는 것 같다.

對照區와 NaCl 250mM에서 品種들의 proline 含量과 여러 NaCl濃度에서의 그것들과의 相關關係는 표 8에서와 같다. 對照區와 각 NaCl濃度에서의 相關係數를 보면 모든 NaCl처리에서 有意性이 인정되지 않았으나 NaCl 250mM에서의 品種들의 경향은 NaCl 250mM과의 유의적인 相關關係가 인정되어 NaCl의 200mM에서 proline의 축적이 높은 品種이 NaCl의 濃度가 250mM로 더 높아져도 그의 경향은 같은 것으로 나타났다.

NaCl의 각 濃度에서 品種들의 地上部 乾物重과 proline의 含量과의 相關關係를 보면 표 9와 같이 NaCl의 각 濃度에서 品種들의 地上部 乾物重과 proline含量과는 相關關係가 인정되지 않았다. 이와 같은 결과는 이탈리안 라이그라스의 耐鹽性 反應에 있어서 proline의 축적과 乾物重과의 사이에 관련성이 없음을 나타내는 것으로 NaCl이 처리된

Table 8. Correlation coefficients(r) for 14 Italian Ryegrass cultivars between proline content at control, 250mM NaCl and those at each NaCl concentration

	NaCl concentration(mM)					
Variable	0	50	100	150	200	250
Proline content at control	–	0.055	0.212	0.355	0.427	0.494
Proline content at 250mM NaCl	0.494	0.148	0.237	0.480	0.672**	–

*, ** symbols are significant at 5% and 1% level, respectively

Table 9. Correlation coefficients(r) for 14 Italian Ryegrass cultivars between proline content and top dry weight under the different NaCl concentration

	Top dry weight at each NaCl concentration(mM)					
Variable	0	50	100	150	200	250
Proline content (mg/g dry weight)	0.452	0.164	0.014	0.326	0.228	0.295

이탈리안 라이그라스의 체내에서 耐鹽性에 대한 proline의 역할을 해석하기 위해서는 더욱 자세한 檢討가 요구된다.

摘 要

이탈리안 라이그라스의 鹽害反應에 대한 기초자료를 얻고자 NaCl의 8개 濃度에서 14개 品種(2배체:7 4배체:7)의 發芽率과 幼苗乾物重, 葉綠素 및 遊離 proline含量을 調査하였다.

1. 發芽率은 NaCl 300mM이상에서 크게 감소하였으며 對照區에 대한 50%의 발아감소 NaCl 濃度는 344mM이었다. 2배체品種은 4배체品種보다 감소 정도가 컸으며 NaCl의 濃度가 높을수록 發芽率에 대한 品種들의 차이가 크게 나타났다.
2. 地上部 乾物重은 NaCl 166mM에서 對照區에 대한 50%의 감소율을 보여 發芽期보다 幼苗期에 NaCl에 대한 영향이 더욱 컸는데, 品種들의 發芽率과 地上部 乾物重과는 相關關係가 없었다.
3. 地下部 乾物重은 NaCl濃度가 높아질수록 감소 정도가 커서 NaCl 148mM에서 50%의 감소가 나타났으며, 品種들의 地上部 乾物重과 地下部 乾物重은 유의적인 相關關係가 있었다.
4. 地上部 乾物重과 地下部 乾物重은 NaCl의 각 濃度에서 2배체가 4배체보다 높았다.
5. Total 葉綠素 含量은 NaCl濃度가 높아질수록 증가하였는데 葉綠素 a가 葉綠素 b보다 含量이 더욱 증가하였으며, 葉綠素 a는 4배체가 2배체보다 높았으나 葉綠素 b는 2배체가 4배체보다 높았다. 品種들의 葉綠素 a含量과 地上部 乾物重과는 NaCl 150mM 이상에서 높은 相關關係가 인정되었다.
6. 遊離 proline含量은 NaCl처리에 의하여 현저히 축적되었는데 2배체와 4배체 사이에는 별다른 차이가 없었으며, 品種들의 地上部 乾物重과도 相關關係가 없었다.

引用文獻

1. Argon, D.L. 1949. Copperennymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in veta vulgaris. Plant Physiolgy. 24:1-15.
2. 崔元烈. 1984. 大麥의 幼苗期와 生殖生長期의 旱害 및 鹽害反應에 關한 硏究. 서울大學校

大學院 博士學位論文.
3. Chu, T.M., D. Aspinall and L.G. Paleg. 1976. Stress metabolism. 7. Salinity and proline accumulation in barely. Aust. J. Plant Physiology. 3:219-228.
4. Hanson, A.D., C.E.M. Nalsen, A.R. Pedersen and E.H. Everson. 1979. Capacity for porline accumulation during water stress in barley and its implication for drought resistance. Crop Science. 19:489-493.
5. 任綱彬, 金東岩, 徐成, 宋喜復, 李孝遠, 林雄圭, 黃鍾瑞. 1981. 干拓地 草地造成에 關한 硏究 1. 牧草이 耐鹽性 比較. 韓畜誌. 23(1):30-40.
6. 任綱彬, 金東岩, 韓旺範, 宋喜復, 權燦鎬, 申載斗, 黃鍾瑞. 1984. 干拓地 草地造成에 關한 硏究 2. 耐鹽性 牧草의 草種 및 品種選定. 韓畜誌. 26(5):474-482.
7. 任綱彬, 沈載昱. 1970. 干拓地에서 水稻 및 기타 作物의 耐鹽性에 關한 硏究. 1. 水稻 品種의 耐鹽性에 關하여. 韓植誌. 8:47-68.
8. 金忠洙, 金良植. 1984. 몇 가지 飼料作物의 耐鹽性에 關한 硏究. 忠南大學校 農業技術 硏究報告. 11(2):183-189.
9. 金忠洙, 李錫榮, 趙振雄. 1993. 作物의 耐鹽性 機作에 關한 硏究. 韓作誌. 38(4):371-376.
10. 權純夔, 金容國. 1977. 干拓地 草地造成을 爲한 導入濠洲 品種의 適應性 調査에 關한 硏究. 忠南大學校 農業技術 硏究報告. 4(1):61-65.
11. 李康壽, 李宗申, 崔善英. 1992. NaCl處理에 따른 벼 幼苗期의 葉綠素 및 遊離 proline의 含量變化. 韓作誌. 37(2):178-184.
12. 李成春, 崔京求, 張永男. 1983. 水稻耐鹽性에 關한 硏究. -鹽分濃度가 主要 水稻品種의 發芽 및 幼苗의 發根에 미치는 影響. 全北大學校 農大論文集. 14:17-30.
13. Mozafer, A. and J.R. Goodin. 1986. Salt tolerance of two differently drought tolerant wheat genotypes during germination and early seedling growth. Plant and Soil. 96:303-316.
14. 南相湜. 1990. NaCl 濃度가 水稻의 種子發芽와 幼苗의 生理的 特性에 미치는 影響. 全南大學校 大學院 碩士學位論文.
15. Pessarakli, M. 1993. Handbook of plant and crop stress. Marcel Dekker, Inc.
16. 朴錦龍. 1982. 鹽分濃度가 大麥의 發芽와 幼苗期의 生育 및 生理的 特性에 미치는 影響. 全南大學校 大學院. 碩士學位論文.
17. 朴洪圭. 1987. 鹽分處理가 水稻幼苗期 生長에 미치는 影響. 全南大學校 大學院 碩士學位論文.
18. 柳海榮, 崔海椿, 曺章煥, 李承宅. 1988. 水稻의 發芽期와 幼苗期에 있어서 鹽分種類 및 濃度에 따른 耐鹽性 反應의 品種間 差異. 農試論文集(水稻篇) 30(3):1-15.
19. Sarin, M.N. and A. Naryanan. 1968. Effects of soil salinity and growth regulators on germination and matabolism of wheat. Plant Physiology. 21:1201-1209.
20. Thamir, S.A., W.F. Campbell and M.D. Rumbaugh. 1992. Response of alfalfa cultivars to salinity during germination and post-germination growth. Crop Science. 32:976-980.
21. 嚴基泰, 嚴大喆. 1991. 干拓地 土壤의 特性과 營農改善對策. 우리나라 干拓地農業의 現況과 發展方向. 農振廳 심포지엄. 17:14-29.