

NaCl 濃度와 溫度에 따른 Berseem, Subterranean 및 White Clover의 發芽 및 幼根伸長

姜晋鎬 · 朴珍緒 · 朴正珉

Germination and Radicle Elongation of Berseem, Subterranean and White Clover as Affected by NaCl and Temperature

Jin Ho Kang, Jin Seo Park and Jeong Min Park

Summary

High salinity common in reclaimed soil can reduce germination of crop seeds and aftermath its establishment and production. The experiment was done to measure germination and radicle elongation of berseem, subterranean, white clover and Italian ryegrass as Control under different temperature and NaCl concentrations. One-hundred seeds of berseem (*Trifolium alexandrinum*, cv. Bigbee), subterranean (*T. subterraneum*, cv. Nungarin), white clover (*T. repens*, cv. Regal) and Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*, cv. Terafloum) were placed in petri dishes with a sheet of filter paper replaced every two days, and then exposed to 0, 12.5, 25, 50, 100 and 200mM of sodium chloride in darkened growth chambers controlled with 10, 15 and 20°C. Percent germination and radicle elongation were measured.

Berseem clover showed greatest daily percent germination among the clovers. That of subterranean clover, moreover, was higher than that of white clover till 4 days after imbibition but the reverse result was true thereafter. Although germination of Italian ryegrass was delayed with decreased at 200mM of NaCl of 20°C, at 200mM of under 15°C, and at higher than 100mM of all level of temperature, respectively. Berseem clover had greatest radicle length under the same concentration of NaCl regardless of temperature treatment while radicle elongation of subterranean and white clover was repressed over 50~100mM of NaCl. The slope of linear regression equation between concentration of NaCl and percent germination declined under all temperature treatment in order of berseem, subterranean and white clover whereas the reverse result was showed in radicle length.

I. 緒 論

UR 以後 農産物의 價格競爭力 喪失과 더불어 매년 15,000ha 以上の 農地가 他用途로 轉用됨으로써 우리나라의 食糧자급율은 현저히 하락할 것으로 예상된다. 경지면적의 확대는 山地開發도 고려할 수 있으나 경쟁력 제고의 측면에서 大單位 干拓事業이 바람직할 것이다. 干拓 가능한 약 400,000ha 중에서 5% 미

만이 개발되어 主食인 쌀 생산에 주로 이용되고 있으나 UR 以後 농업의 구조적 변화와, 특히 水稻栽培에 적합할 정도의 土壤熟田에 30年 이상이 소요됨으로써 현재 조성중에 있는 干拓地의 합리적 이용방법이 모색되어야 할 것이다(李, 1991; 崔 등, 1991).

一般耕地와는 달리 干拓地는 토양의 理·化學的 組成이 다르며(嚴 등, 1991), 특히 鹽分濃度가 높아 鹽에 대한 抵抗性에 따라 干拓地에 도입된 작물의 種

間에는 생육에 현저한 차이를 보이는 것으로 보고되고 있다(Maas, 1993). 대개 養分收奪이 큰 일부 禾本科作物에서 耐鹽性이 강한 것으로 알려져 있으나 (George 등, 1964; 金 등, 1993), 토양의 改良의 側面에서 荳科, 특히 荳科飼料作物의 도입이 바람직할 것이다. 荳科중에서도 상대적으로 lucerne, berseem clover 등이 鹽에 강한 것으로 알려져 있으나, 국내에서는 이들 耐鹽性 遺傳資源을 도입하기 위한 시도보다는 소개하는 정도에 머물러 있는 실정이다(崔 등, 1991; Maas, 1993).

干拓地에 도입 가능한 荳科飼料作物은 耐鹽性이 강하여야 함은 물론 禾本科와의 混播에 적응력이 뛰어나고 環境保全의 側面에서도 冬節期에 토양을 被服할 수 있어야 할 것이다(最 등, 1991; 강 등, 1992; Knight, 1985). Cool season annual clover 중에서 berseem clover는 이러한 조건과 reseeding 능력을 갖추었는데 그 중 Bigbee 품종이 최근에 育成·普及되어 재배법 확립을 위한 시험이 일부 행하여 지고 있다(Kaddah, 1962; Knight, 1985). 한편 鹽類土壤이 가장 넓게 분포하고 있는 Australasia에서는 subterranean clover (subclover)가 많이 재배되고 있어서 鹽類 集積土壤에 도입이 가능할 것으로 예측된다(McGuire, 1985; Szabolcs, 1986). 鹽은 여러가지이나 海水는 Na^+ (457mM)와 Cl^- (536mM)을 주로 함유하고 있어서 간척지에서의 鹽類被害는 주로 NaCl에 의한 것이며, 특히 土壤毛管水の 蒸發로 인하여 表土로부터 0~2cm에 鹽이 과도하게 집적되는 것으로 보고되고 있다(Pasternak 등, 1979; Taiz 등, 1991). 따라서 과중된 종자는 高鹽度에서도 發芽率이 높아야 하고 初期 幼根伸長이 뛰어나야 幼苗出現 나이가 立苗率이 좋을 것으로 예측된다(Pasternak 등, 1979).

鹽에 대한 荳科飼料作物의 발아율을 비교한 시험들이 일부 행하여져 왔으나 高耐鹽性, 高品質이면서도 척박한 토양에 적응력이 뛰어난 荳科飼料作物을 干拓地에 도입하기 위한 시도나 이에 대한 기초시험은 아주 미미한 실정이다. 따라서 干拓地에 荳科飼料作物을 도입하기 위한 기초자료를 제공하기 위하여 NaCl 농도와 溫度가 berseem, subterranean과 white clover의 發芽 및 幼根伸長에 미치는 영향과 이들간의 관계를 究明하기 위하여 本 試驗을 실시하였다.

II. 材料 및 方法

本 試驗은 1994년 10월부터 11월까지 경상대학교 농학과 실험실에서 실시하였다. 직경 9cm의 petri dish에 濾紙 한장을 깔고 精選된 種子 100粒을 치상한 후 아래의 處理溶液을 종자의 크기에 따라 5~7ml를 가하였으며 시험중에는 dish에 남아 있는 량에 따라 매일 0~3ml를 공급함과 동시에 2일간격으로 濾紙를 교체하였다. 이의 시험 절차는 AOSA rule (AOSA, 1981)을 기준으로 실시하였다.

處理는 作物種, NaCl 농도 및 溫度의 3個 要因으로 하여 3반복으로 실시하였다. 作物種은 berseem clover (cv. Bigbee), subclover (cv. Nungarin), white clover (cv. Regal) 3種의 荳科와 禾本科 對比種으로 Italian ryegrass (cv. Tetraflourm)를 供試하였다. 溫度는 10, 15 및 20℃ 3水準으로 처리하였으며, NaCl 농도는 海水에 포함된 2/5 정도인 200mM부터 100, 50, 25, 12.5 및 0mM의 6水準으로 조절하였다.

幼根이 突出하여 肉眼으로 識別이 가능한 것을 기준으로 發芽率을 매일 조사하였으며 幼根長은 下胚軸을 포함한 길이 전체를 치상 후 5日和 7일에 측정하였다.

III. 結果 및 考察

1. 發芽率

처리별 일일 累積發芽率의 平均은 표 1과 같다. 품종, 온도, NaCl 농도의 處理水準 간에는 차이가 있었으며, 이들 處理要因간에도 相互作用을 보였다. 시험기간중 一年生인 berseem clover의 發芽率이 빠르고 높은 반면, subclover는 多年生인 white clover보다 沈漬後 2日까지는 낮으나 4日 이후부터는 높은 것으로 나타났다. 발아온도가 10℃에서 20℃로 높아질수록 發芽率은 향상되었으며 20℃에서는 初期發芽率이 높은 것으로 조사되었다. 한편 NaCl 농도가 증가할수록 初期發芽率은 감소하나 치상 후 7日에서는 50mM까지 비슷한 것으로 조사되었다.

供試品種의 處理別 發芽率 變化는 그림 1과 같다. Berseem clover는 NaCl 50mM 이하에서는 10℃에서 20℃으로 발아온도가 높아질수록 초기의 發芽率은 증가하나 200mM NaCl 농도에서는 低溫인 10℃에서 發芽率이 높은 것으로 나타났다. Subclover 및 white clover도 50mM 이하에서는 berseem clover와 유사한

반응을 보였으나, subclover는 20mM에서는 오히려 berseem clover와는 반대의 결과를 보였고, white clover는 온도에 관계없이 100mM 이상에서는 발아가 심하게 억제되었다. 한편 對照種인 Italian ryegrass는 20℃에서 10℃로 발아온도가 낮아질수록 발아가 현저히 지연되는 것으로 나타나 clover와는 다른 반응을 보였다.

一年生 berseem clover와 subclover가 多年生인 white clover에 비하여 100mM 이상의 NaCl, 즉 鹽分

濃도가 높은 곳에서 發芽率이 높아 干拓地에 導入 可能한 것으로 보인다. 그러나 海水 鹽濃度의 2/5 정도인 200mM NaCl 濃度에서 低溫인 10℃에서는 berseem clover 發芽率이, 30℃에서는 subclover 發芽率이 가장 양호한 것으로 나타나 高鹽度 土壤에 berseem clover를 도입할 경우 春季早播나 秋季晚播가 適當할 것으로 보이는 반면, subclover는 春季晚播나 秋季早播가 바람직할 것이다.

Table 1. Germination and radicle length (RL) of Italian ryegrass, berseem, subterranean and white clovers as influenced by temperature and concentration of NaCl.

Parameters	Level	Germination							RL	
		1 [†]	2	3	4	5	6	7	5	7
Species (S)	IR [†]	0.0	5.3	22.1	33.0	51.2	76.5	81.9	1.24	1.84
	BC	10.9	45.8	67.0	76.0	81.5	86.4	89.7	1.84	2.98
	SC	3.4	26.0	49.5	60.1	67.1	73.0	76.7	1.44	2.27
	WC	10.4	33.9	49.8	56.4	61.6	67.0	69.4	0.86	1.58
	LSD.05	0.9	1.4	1.7	1.5	1.3	1.3	1.0	0.07	0.11
Temperature (T, °C)	10	0.0	20.8	36.5	44.5	53.4	68.6	74.1	0.84	1.46
	15	1.1	26.4	41.0	50.7	62.6	75.1	78.5	1.12	1.88
	20	17.3	36.0	63.8	73.9	80.1	83.4	85.7	2.08	3.17
	LSD.05	0.8	1.2	1.5	1.3	1.1	1.1	0.9	0.06	0.09
NaCl (N, mM)	0	15.5 ^a	49.0 ^a	65.0 ^a	72.4 ^a	81.9 ^a	91.0 ^a	93.2 ^a	2.10 ^a	3.17 ^a
	12.5	10.0 ^b	44.9 ^b	63.7 ^a	72.7 ^a	82.1 ^a	88.6 ^b	90.9 ^b	1.88 ^b	3.10 ^a
	25	7.0 ^c	35.7 ^c	57.8 ^b	67.8 ^b	76.4 ^b	87.1 ^b	90.7 ^b	1.65 ^c	2.74 ^b
	50	3.7 ^d	27.7 ^d	53.4 ^c	64.6 ^c	74.2 ^c	88.7 ^b	92.0 ^{ab}	1.38 ^d	2.12 ^c
	100	0.8 ^e	8.6 ^e	30.6 ^d	41.4 ^d	52.6 ^d	64.4 ^c	69.7 ^c	0.78 ^e	1.43 ^d
	200	0.0 ^e	0.5 ^f	12.0 ^c	19.1 ^e	25.0 ^e	34.5 ^d	39.9 ^d	0.28 ^f	0.44 ^e
S × T		**	**	**	**	**	**	**	**	**
S × N		**	**	**	**	**	**	**	**	**
T × N		**	**	**	**	**	**	**	**	**
S × T × N		**	**	**	**	**	**	**	**	**
Contrast										
IR × Clovers		**	**	**	**	**	NS	NS	NS	**

[†] IR, Italian ryegrass; BC, berseem clover; SC, subterranean clover, and WC, white clover.

NS, ** nonsignificant or significant at 0.01 probability, respectively.

[†] Days after imbibition.

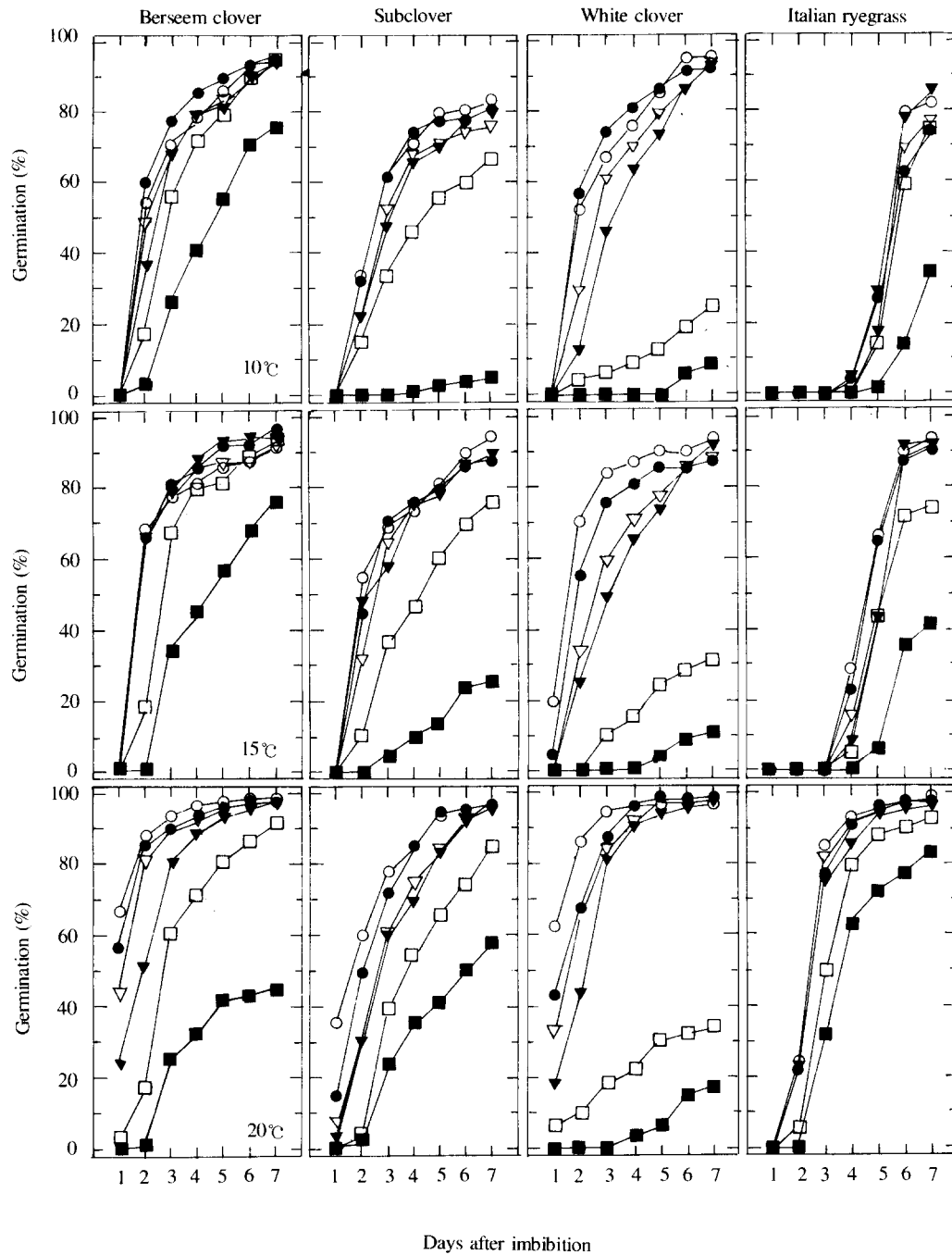


Fig. 1. Daily germination of berseem, subterranean, white clovers and Italian ryegrass as influenced by temperature ($^{\circ}\text{C}$) and concentration of NaCl. Symbols indicate \circ - \circ , 0; \bullet - \bullet , 12.5; ∇ - ∇ , 25 and \blacktriangledown - \blacktriangledown , 50; \square - \square , 100 and \blacksquare - \blacksquare , 200mM of NaCl.

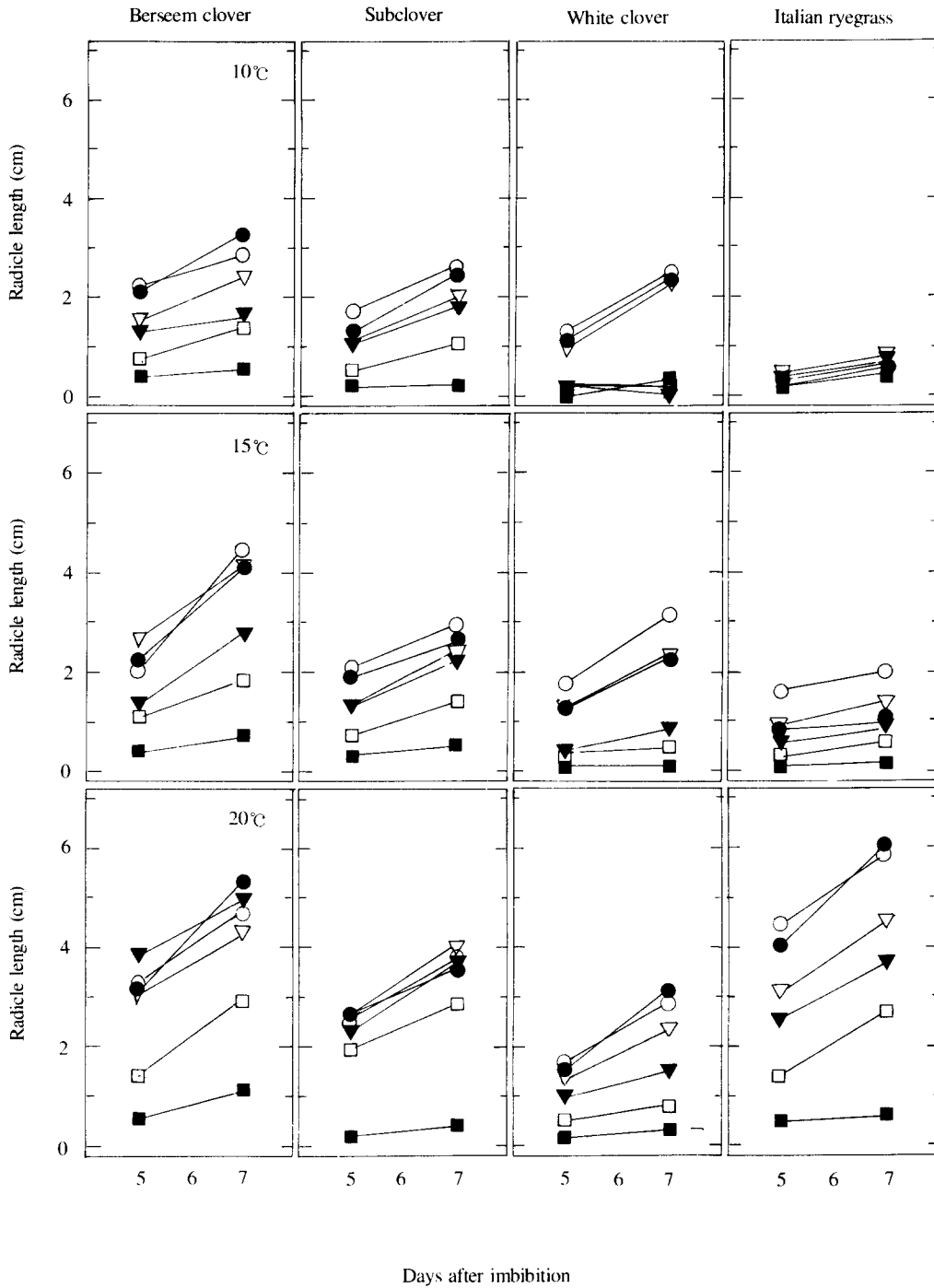


Fig. 2. Effect of temperature and concentration of NaCl on radicle length of berseem, subterranean and white clovers. Symbols indicate ○-○, 0; ●-●, 12.5; ▽-▽, 25; ▼-▼, 50; □-□, 100 and ■-■, 200mM of NaCl.

2. 幼根伸長

沈漬 5日 및 7日 後의 處理別 幼根長 平均은 표 1과 같다. 幼根은 5日과 7日 모두 berseem clover에서 가장 길었던 반면, white clover에서 가장 짧았고, sub-clover와 對照種인 Italian ryegrass는 이들의 중간 정도였다. 한편 溫度가 10℃에서 20℃으로 상승할수록 幼根이 길어졌으나, NaCl 濃도가 0에서 200mM로 증가함으로써 幼根은 현저히 짧아졌다.

沈漬 5日 및 7日 後의 供試品種別 幼根長 變化는 그림 2와 같다. Berseem clover의 幼根은 10℃ 및 15℃의 발아온도에서 긴 반면, 20℃에서는 對照種 Italian ryegrass가 긴 것으로 측정되었다. Berseem clover의 幼根은 온도가 높아질수록 길고 伸張率도 높았던 반면, 100mM 이상의 NaCl 濃度에서는 濃度增加와 함께 幼根伸長이 억제되었다. subclover는 發芽溫度 15℃ 이하의 NaCl 濃度 100mM 이상에서, 20℃에서는 200mM에서 幼根伸長이 감소되었고, white clover는 50mM 이상에서 이러한 경향이 현저하였다. 對照種인 Italian ryegrass는 발아온도 15℃에서는 幼根伸長이 억제되고, 10℃에서 幼根伸長이 거의 없었다.

表土 2cm까지 鹽이 과도하게 集積되는 鹽類土壤에서 立苗率을 향상시키기 위하여는 發芽率도 높아야 하지만 鹽類集積層을 單時間에 통과할 수 있도록 幼

根의 伸長도 빨라야 할 것이다 (Pasternak 등, 1976). White clover 보다는 berseem clover 및 subclover의 幼根이 길고 伸長이 빨라서 播種 後 鹽類集積層의 통과가 빠를 것으로 보이며, 특히 이러한 경향은 berseem clover에서 현저할 것으로 예측됨으로 berseem clover를 干拓地에 導入하는 것이 發芽率과 生存個體數를 높일 것으로 생각된다.

3. NaCl 濃도와 發芽率 및 幼根長과의 關係

沈漬 5日 後 NaCl 濃도와 各 供試品種의 發芽率 및 幼根長간의 關係를 回歸直線으로 분석한 것은 표 2와 같다. 全 供試品種에서 發芽率과 NaCl 濃度간에는 負의 相關을 보였으며 berseem clover의 기울기는 발아온도가 상승함으로써 커지는 경향이었으나, 같은 一年生인 subclover는 오히려 작아졌으며 white clover는 발아온도간에 뚜렷한 경향이 없었다. 種間比較에는 white clover의 기울기가 가장 크고, 一年生인 berseem clover에서 가장 작았다.

한편 幼根長과 NaCl 濃度간에도 負의 相關으로 나타났으며, 回歸直線에서는 절편 및 기울기는 berseem clover에서 가장 크고 white clover에서 가장 작은 것으로 분석되었다. 따라서 berseem clover는 播種 可能期間이 길고, 鹽分濃도가 높지 않은 토양에서도

Table 2. Linear regression between percent germination (G) or radicle length (RL) and concentration of NaCl (CN) 5 days after imbibition

Species	Temp. (°C)	Germination			RL ⁺		
		Regression equation	RMSE [†]	r ²	Regression equation	RMSE [†]	r ²
Berseem clover	10	G = 89.12 - 0.155 CN	4.95	0.83**	RL = 1.969 - 0.009 CN	0.29	0.82**
	15	G = 92.37 - 0.163 CN	6.27	0.78**	RL = 2.207 - 0.010 CN	0.24	0.89**
	20	G = 101.88 - 0.280 CN	5.33	0.93**	RL = 3.520 - 0.015 CN	0.52	0.75**
Subclover	10	G = 87.79 - 0.376 CN	6.82	0.94**	RL = 1.452 - 0.007 CN	0.23	0.83**
	15	G = 87.02 - 0.340 CN	6.81	0.93**	RL = 1.820 - 0.008 CN	0.25	0.85**
	20	G = 94.31 - 0.269 CN	4.99	0.94**	RL = 2.851 - 0.012 CN	0.29	0.91**
White clover	10	G = 87.43 - 0.492 CN	14.72	0.85**	RL = 1.103 - 0.006 CN	0.21	0.82**
	15	G = 88.65 - 0.459 CN	9.85	0.92**	RL = 1.348 - 0.007 CN	0.36	0.68**
	20	G = 103.64 - 0.518 CN	12.63	0.89**	RL = 1.517 - 0.008 CN	0.23	0.84**

⁺ Root mean square error. [†] mM of NaCl. * cm per radicle.

幼根伸長이 뛰어난 것으로 보이며 鹽分濃度가 증가하여도 發芽率 減少가 적을 것으로 예측되나, 이러한 것이 立苗率 向上으로 이어질 것인지는 追後 檢討가 요망된다.

IV. 摘 要

農業構造의 變化로 大單位 干拓地의 합리적 이용이 모색되어야 할 시기이다. 本 試驗은 鹽分濃度가 높은 干拓地의 活用度를 높이기 위한 一連의 方法中에서 淸科飼料作物을 干拓地에 도입하기 위한 기초 시험으로써 NaCl 濃度 (0, 12.5, 25, 50, 100, 200mM) 와 溫度(10, 20, 30℃)가 berseem, subterranean과 white clover의 發芽 및 幼根伸長에 미치는 影響과 이들간의 關係를 究明하기 위하여 실시하였던 바 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 累積 發芽率은 berseem clover에서 가장 높았고, subclover는 沈漬 4日까지는 white clover에 비하여 낮았으나 그 이후에는 높은 것으로 나타났다.

2. Berseem clover는 20℃, 200mM에서, subclover는 15℃ 이하의 200mM에서, white clover는 發芽溫度에 관계없이 100mM 이상에서 發芽가 억제된 반면, 對照種인 Italian ryegrass는 온도가 낮을수록 발아가 지연되었다.

3. 幼根은 發芽溫度에 관계없이 同一 NaCl 濃度에서는 berseem clover에서 길었으나 subclover와 white clover는 50~100mM 이상에서는 伸長이 억제되었다.

4. NaCl 濃도와 發芽率간에는 온도에 관계없이 berseem clover, subclover, white clover의 순으로 기울기가 증가한 반면, NaCl 濃도와 幼根長간에는 이와는 반대의 결과로 분석되었다.

V. 引用文獻

1. AOSA. 1981. Rules for testing seeds. *In* L. O. Cope-land (ed.). *J. Seed Tech.* 6(2).
2. George, L.Y. and W.A. Williams. 1964. Germination and respiration of barley, strawberry clover, and ladino clover seeds in salt solutions. *Crop Sci.*

- 4:450-452.
3. Kaddah, M.T. 1962. Tolerance of berseem clover to salt. *Agron. J.* 54:421-425.
4. Maas, E. V. 1993. Plant growth response to salt stress. Vol. 1. p. 279-291. *In* H. Lieth and A. Al Masoom (ed.) *Towards the Rational Use of High Salinity Tolerant Plants.* Kluwer Academic Pub., Norwell, MA, USA.
5. McGuire, W.S. 1985. Subterranean clover. pp. 515-534. *In* N.L. Taylor (ed.) *Clover science and technology.* ASA, CSSA and SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
6. Knight, W.E. 1985. Miscellaneous annual clovers. pp. 547-562.
7. Pasternak, D., M. Twersky, and Y. De Malach. 1979. Salt resistance in agricultural crops. pp. 127-142. *In* H. Mussell and R.C. Staples (ed.) *Stress Physiology in Crop Plants.* A Wiley-Interscience Pub., NY, USA.
8. Szabolcs, I. 1986. Agronomical and ecological impact of irrigation on soil and water salinity. *Adv. Soil Sci.* 4:189-218.
9. Taiz, L. and E. Zeiger. 1991. *Stress physiology.* pp. 346-370. The Benjamin/Cummings Pub. Co. 390 Bridge Parkway, Redwood City, CA, USA.
10. 강진호, G.E. Brink. 1992. 植生比率과 窒素·磷酸 試用이 subterranean clover-Italian ryegrass 및 berseem clover-Italian ryegrass 混播草地의 生産性과 種間競合에 미치는 影響. *韓作誌.* 37:274-282.
11. 金忠洙, 趙振雄, 李錫榮. 1993. 作物의 耐鹽性 機作研究. I. 鹽分濃도에 따른 보리, 호밀, 이탈리아 안 라이그래스 種子의 發芽生理反應. *韓作誌.* 38:371-376.
12. 嚴基泰, 盧大喆. 1991. 干拓地 土壤의 特性과 營農 改善 對策. *農振廳 심포지엄* 17:14-29.
13. 李重基. 1991. 韓國의 干拓地 農業 現況과 開發方 向. *農振廳 심포지엄* 17:3-13.
14. 崔元烈, 朴根龍. 1991. 耐鹽性 田作物의 開發과 栽培展望. *農振廳 심포지엄* 14:53-78.