

Polyethylene glycol을 이용한 模擬的 土壤水分 調節方法이 牧草의 發芽에 미치는 影響과 有效性

尹世炯

Effects of Drought by Polyethylene glycol Solution on Seven Grasses Germination

Sei Hyung Yoon

Summary

The present study elucidates the effect of drought by polyethylene glycol solution on germination of five temperate and two tropical grasses. The results obtained can be summarized as follows:

1. The germination percentage of seven grasses decreased with increasing concentration of polyethylene glycol.
2. The germination pattern in higher concentration of polyethylene glycol showed similar trends to the emergence pattern under drought stress in soil condition.
3. The treatment of 30g is most useful at this study.

Therefore, polythlene glycol was the appropriate to creat the drought condition of soil.

I. 緒 論

토양조건하에서 수분 함유량을 일정하게 유지하는 것이 매우 어려워 토양수분 부족 상태에서의 發芽 實驗은 용이하지 않다. 이를 해결하기 위한 방법으로 高分子物質의 용액을 만들어 그 濃度を 조절함으로써 변화하는 浸透壓을 이용하여 模擬的으로 토양수분의 정도를 조절할 수 있다. 이에 사용되는 고분자 물질로서 현재까지는 鹽化나트륨^{9,12}, glucose, manitol^{1,2,5} 및 polyethylene glycol(이하 P-EG)^{3,6,10} 이 주로 이용되어 왔다. 그러나, 고분자 물질의 농도 변화에 의한 침투압의 변화 이외에 고분자 물질 자체에 의한 식물 생육에의 피해나 조장등이 문제가 되어왔다. 이를 들면 鹽化나트륨은 鹽害에 의해 생육이 저해될 우려가 있고, glucose는 식물체에 양분이 되어 생육을 조절할 우려가 있어 적절하다고 판단할 수 없다.

本 研究에서는 PEG를 이용하여 그 농도로 조절

하여 각기 다른 침투압 조건을 만들어 그 조건 하에서 발아 실험을 실시하여 토양수분 부족 스트레스가 발아에 미치는 영향을 모의적으로 검토하고자 하였다. 또한, PEG를 이용한 발아 실험의 결과와 乾燥 土壤條件에서 실시한 出芽 實驗의 결과와의 관계를 조사하여 PEG를 이용하여 모의적으로 창출한 토양수분 부족 스트레스의 유효성을 검토하였다.

II. 材料 및 方法

공시초종은 orchardgrass(OG), timothy(TI), perennial ryegrass(PR), Italian ryegrass(IR) 및 tall fescue(TF) 등의 寒地型牧草 5種과 rhodesgrarr(RG), sudangrass(SG) 등의 暖地型牧草 2種으로 하였다. 水分缺乏 條件을 만들기 위한 處理區는 P-EG 농도를 조절한 5개와 증류수만을 이용한 對照區를 준비하였으며 그 방법은 다음과 같다. 蒸溜水 100cc에 分子量 20,000의 PEG를 10g(10g區), 20

畜産試驗場(Livestock Experiment Station, RDA, Suwon 440-350, Korea)

g(20g區), 30g(30g區), 35g(35g區), 40g(40g區)씩 용해시킨 용액을 만들었다. 각 處理區의 침투압은 低濃度區로부터 약 -3bar, 약 -5.5bar, 약 -10bar, 약 -13bar, 약 -17bar였다. 따라서, PEG 농도가 높아짐에 따라 수분결핍 정도가 강해지는 효과를 보였다.

直徑 9cm의 플라스틱 세 사레에 濾過紙 5매를 깔고, 사레에 각 농도의 PEG 용액 및 증류수(對照區)를 10cc씩 넣은 후 공자 조종의 種子를 50粒씩 置床하였다. 실험기간중의 사레로부터의 水分蒸發에 의해 PEG 농도가 높아지는 것을 막기 위해 뚜껑을 씌운 후 파라핀테이프로 密封하였다. 종자를 置床한 사레는 25°C의 恒溫器에 넣어 24시간 간격으로 발아한 종자를 조사하였다. 種子長의 1/2 이상의 發根을 발아로 간주하였으며 반복은 3회로 하였다.

종자 치상 후 3주간의 발아수를 기준으로하여 發芽開始日, 平均 發芽日數 및 發芽率을 구했다. 발아율 및 평균 발아일수는 일반적인 공식에 의해 산출하였다.

PEG를 이용한 모의적 방법의 유효성을 검토하기 위해 건조 토양조건에서 출아시험을 하였다. 사용 토양은 토요코토(벼의 育苗用 土壤)이며, 同 토양 900g을 플라스틱 용기(가로 15, 세로 15, 길이 6cm, 무게 18g)에 넣어 播種床을 만들었다. 토양수분 결핍조건을 pF2.7로 측정하여 tensiometer로 측정하여본 결과 함유율은 12.2%가 됨을 파악하였다. 따라서 각 처리구(土壤+容器)의 무게는 1030g이 된다. 灌水處理는 파종 후 처리구의 무게는 1230g이 되도록 관수한 후 온실에 방치하여, 매일 임의의 처리구 5개를 선택하여 그 무게가 1030g 이하가 되면 물 200g을 관수하는 방법을 이용하였다. 관수 시간은 日光에 의한 수분의 蒸發을 최소한으로하기 위하여 日沒 직후로 하였다. 이러한 조건하에서 3주간 출아를 관찰하여 출아개시일, 평균 출아일수 및 출아율을 조사하였다.

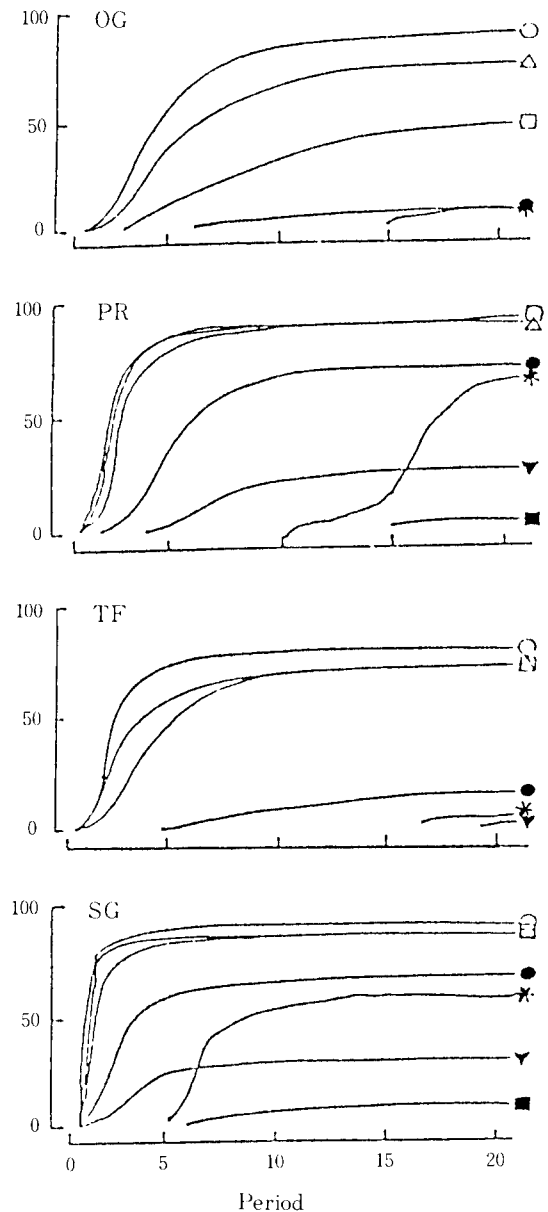
III. 結 果

PEG 자체가 종자 수명에 미치는 영향의 유무를 확인하기 위한 예비실험의 결과, 40g區에서 3주간 방치후 발아하지 않았던 종자를 물로 담은 후 증류

수를 넣은 사레에 옮겨 발아 실험을 계속하였다. 그 결과 대조구(증류수)와 같은 정도의 발아율을 보였다. 따라서 PEG는 종자의 수명에 직접적인 영향을 미치지 않음이 판명되었다.

1. 發芽 및 出芽의 推移

각 조종의 각 PEG 처리구에서의 발아와 건조 토양조건에서의 출아의 추이를 그림 1에 나타내었다. 모든 조종에서 PEG 농도가 높아짐에 따라 발아 추



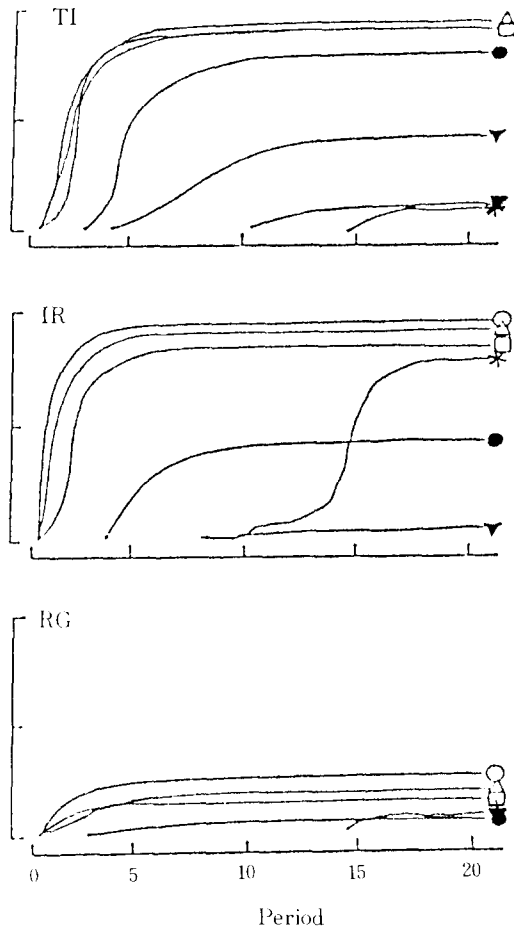


Fig. The curve of germination at various polyethylene glycol and that of emergence at drought soil condition.

○ 0g △ 10g □ 20g ● 30g
 ▼ 35g ■ 40g * drought soil

도가 저하되고 발아 개시가 늦어지 PEG 농도에 의한 영향이 현저히 나타났다. Orchardgrass(이하 OG)는 모든 처리구에서 지상 후 약 2주간 발아를 계속하여 발아가完了되는 기간이 다른 초종에 비해 비교적 길었다. 그러나 OG 이외의 초종은 30g區 이하의 지농도구에서는 1주간 이내에 발아가 거의 완료되었지만, 30g區 이상의 고농도가 되어감에 따라 발아 완료에 이르는 기간이 길어지는 경향을 나타내었다. 발아의 주기는 30g區에서 초종간 차이가 명확하게 나타났다. 건조 토양조건에서는 모든 초종이 출아개시가 늦어졌으나, 실험 종료시의 출아율과 30g區에서의 발아율은 timothy(이하 TI)와

Italian ryegrass(이하 IR)를 제외하고 전 초종에서 거의 같은 정도였다.

발아특성을 나타내는 모든 형질에서 초종간, PEG 농도간 그리고 양자간의 상호작용에 통계적인 유의성(0.01 수준)이 관찰되었다.

2. 發芽 및 出芽開始日

각 초종의 각 처리구에 있어서의 발아개시일과 건조 토양조건하에서의 출아개시일을 표 1에 나타내었다. 발아개시일은 모든 초종에서 20g區 이하의

Table 1. The starting day of germination at various polyethylene glycol concentration and starting day emergence at drought soil condition.

Pasture species	PEG concentration						Drought soil
	0g	10g	20g	30g	35g	40g	
Temperate grasses							
Orchardgrass	2	2	4	7	-	-	15
Timothy	2	2	2	4	5	11	
Perennial ryegrass	2	2	2	3	5	16	14
Italian ryegrass	2	2	2	5	9	-	10
Tall fescue	2	2	3	6	21	-	17
Tropical grasses							
Rhodesgrass	2	2	2	4	-	-	14
Sudangrass	1	1	2	2	3	7	5

지농도구에서는 PEG 농도에 의한 차이가 없었으나 그 이상의 고농도가 됨에 따라 지연되는 경향이 있었다. 30g區에서는 초종간 차이가 나타나기 시작하여 35g區에서 OG, rhodesgrass(이하 RG)는 발아하지 않았다. 발아개시일은 OG가 PEG 농도에 대한 반응이 명확하고 sudangrass(이하 SG)가 PEG 농도에 대한 영향이 작게 나타나 초종에 의한 차이도 큰 것으로 판명되었다.

건조 토양조건에서의 출아개시일은 tall fescue(이하 TF)가 늦고 SG가 빠르게 나타났다. 그외의 초종에서는 큰 차이가 없었다. 모든 초종의 30g區에서의 발아개시일과 건조 토양조건하에서의 출아개시일을 비교하면 모든 초종이 토양조건하에서 늦어졌다. 이는 건조 토양조건에서는 복토가 행하여져 출아까지의 기간이 길어진 것으로 판단된다.

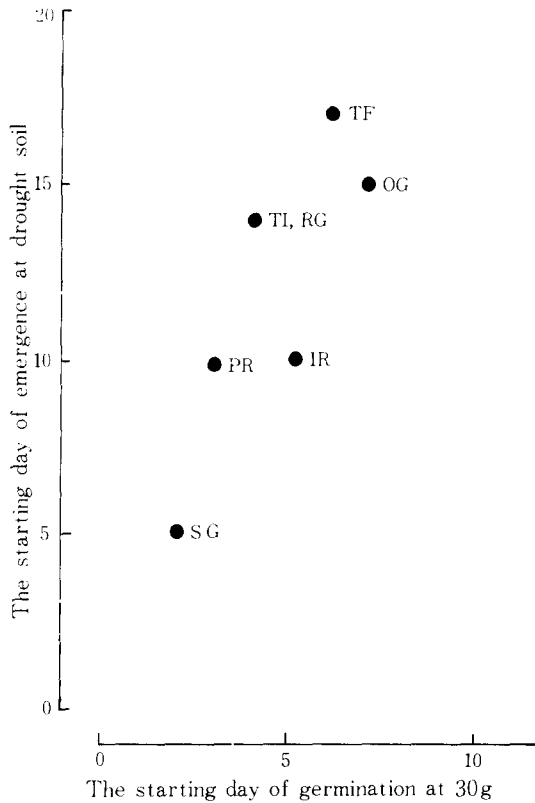


Fig. 2. Relationship between the starting day of germination at 30g treatment and the starting day of emergence at drought soil condition.

건조 토양조건에서의 출아개시일과 30g區에서의 발아개시일과의 관계를 그림 2에 나타내었다. 30g區에서 발아개시일이 빠른 초종은 건조 토양조건에서도 출아개시일이 빠르게 나타나 兩者 사이에는 正의 相關關係($r=0.78^*$)가 있었다.

3. 平均發芽 및 出芽日數

각 초종의 각 처리구에 있어서의 평균 발아일수 및 건조 토양조건에서의 평균 출아일수를 그림 3에 나타내었다. 평균 발아일수는 모든 초종에서 P-EG 농도가 높아짐에 따라 커지는 경향을 나타내었다. 특히 OG는 저농도에서부터 명확히 평균 발아일수가 커졌지만 그 외의 초종에서는 20g區이하의 저농도에서는 대조구와 별 차이가 없었으며, 그 이상으로 PEG 농도가 높아짐에 따라 급격히 평균 발아일수가 커지는 경향이 관찰되었다.

건조 토양조건에서의 평균출아일수는 TF가 크고 SG가 작았다. 그 외의 초종간에서 큰 차이는 나타나지 않았다.

30g區에서의 평균 발아일수와 토양조건에서의 평균 출아일수와의 관계를 그림 4에 나타내었다. 평균 발아일수도 30g區에서 작았던 초종이 건조 토양 조건하에서도 평균 출아일수가 작아, 兩者 사이에는 正의 相關關係($r=0.79^*$)가 있었다.

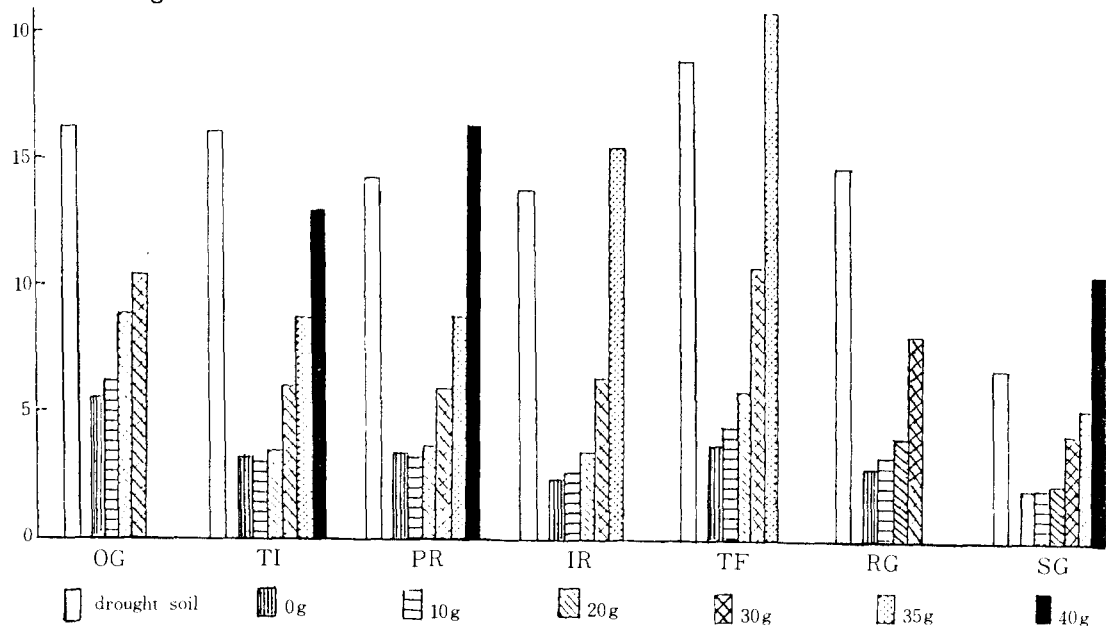


Fig. 3. The coefficient of germination at various polyethylene glycol concentration and coefficient of emergence at drought soil condition.

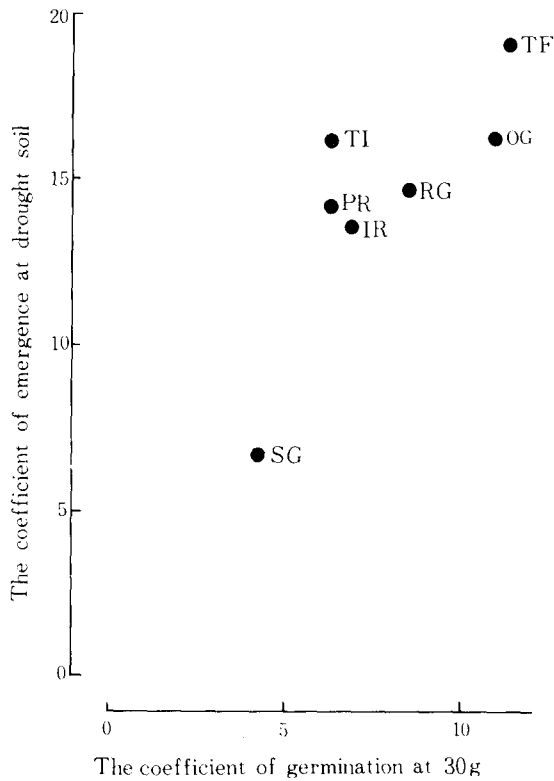


Fig. 4. Relationship between the coefficient of germination at 30g treatment and coefficient of emergence at drought soil condition.

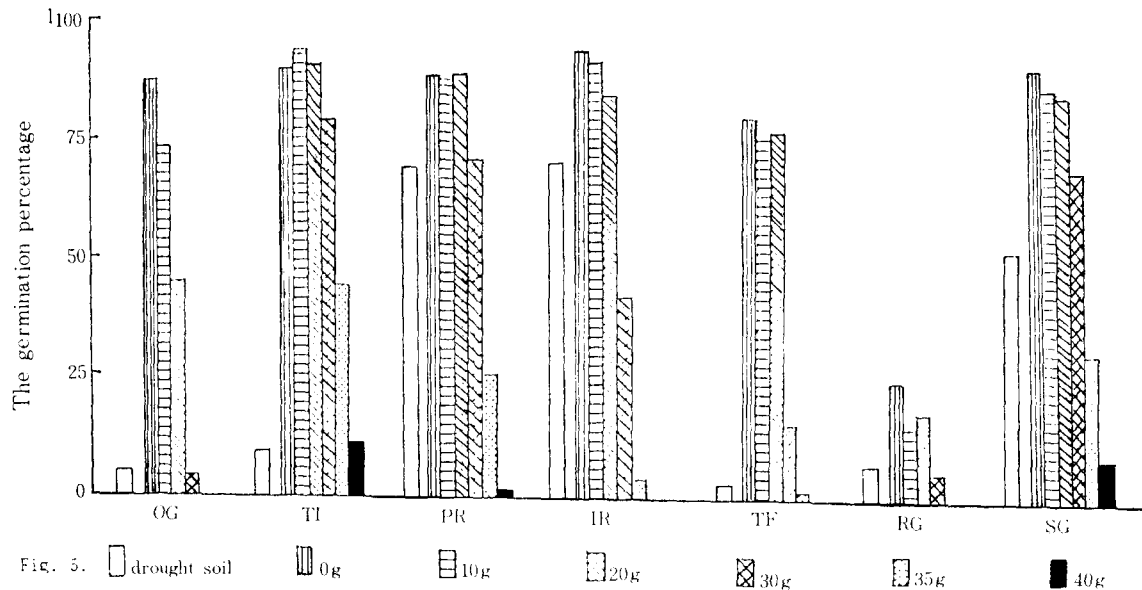


Fig. 5. The germination percentage at various polyethylene glycol concentration and emergence percent at drought soil condition.

4. 發芽率 및 出芽率

각 조종의 각 PEG 처리구에서의 발아율과 건조 토양조건에서의 출아율을 그림 5에 나타내었다. 발아율은 모든 조종이 PEG 농도가 높아짐에 따라 저하되었으며 30g區 이상의 농도에서 그 현상이 현저하였다. 광시 조종중 TI, perennial ryegrass (이하 PR) 및 SG는 40g區에서도 소수의 개체가 발아하여 다른 조종에 비하여 높은 PEG 농도에서도 발아하는 능력을 가지고 있었다. 이에 반해 OG와 RG는 35g區 이상의 농도에서는 발아하지 않았다. 특히 OG는 10g區에서부터 발아율이 저하되어 저농도에서부터 영향이 명확하게 나타남 조종이었다. 그 외의 조종에서 20g區까지는 발아율의 차이가 거의 나타나지 않았으나 30g區에서부터는 발아율의 저하가 현저하게 나타났나.

토양조건하에서의 출아율은 OG, TI, TF 및 RG가 낮고, PR, IR 및 SG가 높아 토양수분 결핍조건에서의 출아율은 양분되었다.

각 조종의 건조 토양조건에서의 출아율과 30g區에서의 발아율과의 관계를 그림 6에 나타내었다. TI는 특징적으로 30g區에서의 발아율이 높고, 토양조건에서는 낮아 서로 다른 반응을 나타내었다. 그러나, OG, TF, RG는 30g區에서의 발아율과 건조 토양조건에서의 출아율이 모두 낮았다. 이에 반해

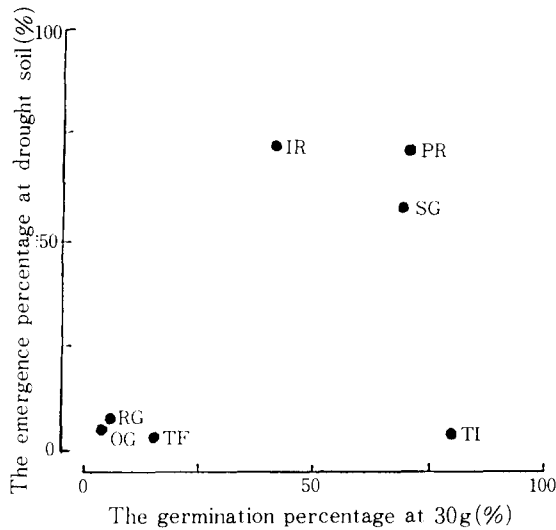


Fig. 6. Relationship between the germination percentage at 30g treatment and emergence percentage at drought soil condition.

PR, IR, SG는 30g區에서의 발아율과 건조 토양 조건에서의 출아율이 모두 높았다. 따라서 공시 초종이 양분되는 결과가 나타났다.

IV. 考 察

PEG 농도의 변화에 의한 침투압의 변화를 이용하여 모의적으로 설정한 각종의 수분 결핍조건과 건조도양을 이용한 발아 및 출아 실험에서 나타난 발아특성과 출아특성은 거의 평행적인 관계를 나타내었다.^{8,11} 즉, 발아특성에 있어 PEG 농도가 낮으면 그 영향이 작고, PEG 농도가 어느 정도 이상으로 높아짐에 따라 발아가 저하되거나 초종에 따라서는 발아하지 않았다. PEG의 처리구 중에서 30g區는 모든 초종이 발아하였고 발아특성에 있어서도 초종간 차이가 명확히 나타나므로, 본 실험과 유사한 실험을 할 때에 가장 유효한 PEG 농도라고 판단된다.

토양조건하에서의 출아특성과 30g區에서의 발아특성과의 관계는 TI의 발아율 이외에서는 평행적인 관계를 나타내었다.

발아 특성에 있어 수분결핍에 영향이 작은 초종은 SG, IR 및 PR로 나타났으며 수분 결핍에 영향이 큰 초종은 TF와 OG였다. 특히 OG의 발아

특성은 PEG 농도가 낮은 처리구에서도 명확한 차이가 나타나, 수분 결핍의 정도가 작은 조건하에서도 출아가 저하될 가능성을 보였다. 이에 반해 SG는 높은 PEG 농도 처리구에서도 발아하여 토양수분 결핍의 정도가 비교적 큰 조건하에서도 출아할 가능성을 보였다.

일반적으로 토양수분 결핍조건에 대해 耐性을 가진 초종으로 알려진 TF가 본 실험에서는 수분 결핍에 대해 영향이 컸고, 토양수분 결핍조건에 감수성이 예민한 초종으로 알려진 PR가 본 실험에서는 수분결핍에 대한 영향이 작았다. 이는 생육단계에서의 수분결핍에 대한 내성과 발아단계에서의 수분결핍에 대한 내성이 유전적으로 독립되어 있을 가능성을 보인 것으로 추후 계속적인 연구가 필요하다고 판단된다.

또한 TI에 있어 배양토에서의 출아율이 특징적으로 낮은 것은 모든 초종의 복토를 같이하여 상대적으로 종자의 크기가 작은 초종인 TI가 그 영향을 받은 것으로 판단된다.

V. 摘 要

고분자물질(PEG)을 이용하여 토양수분 조건을 모의적으로 창출하여 7 초종의 발아 실험을 한 결과를 다음과 같다.

1. 고분자 물질의 고농도 처리구와 건조 토양에서의 발아 특성이 유사하고 상호간에 정의 상관관계가 있어 고분자물질을 이용한 토양수분 조건의 모의적 창출은 유효하다고 판단된다.

2. 30g區에서 모든 초종이 발아하고 초종간의 차이가 명확하여 30g區가 가장 효과적인 것으로 판단된다.

3. 토양수분 부족에 의한 영향을 초종별로 관찰하면 sudangrass가 그 영향이 작으며, tall fescue와 orchardgrass가 비교적 그 영향이 크게 나타났다.

VI. 引用文獻

1. Asharf, C.M. and S. Abu-Shakra. 1978. Wheat seed germination under low temperature and moisture stress. *Agron. J.* 70: 135-139.

2. Helmerick, R.H. and R.P. Pfeifer. 1954. Different varietal responses of winter wheat germination and early growth to controlled limited moisture conditions. *Agron. J.* 46: 560-562.
3. Jackson, Wm. T. 1962. Use of carbowaxes (polyethylene glycol) as osmotic agents. *Plant Phys.* 31: 513-519.
4. Lafond, C.P. and R.J. Baker. 1986. Effects of temperature, moisture stress and seed size on germination of nine spring wheat cultivars. *Crop Sci.* 26: 563-567.
5. McGinnies, W.J. 1960. Effects of moisture stress and temperature on germination of six range grasses. *Agron. J.* 52: 159-162.
6. Michel, B.E. and M.R. Kaufmann. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6,000. *Plant Phys.* 51: 914-916.
7. Norris, I.B. and L.E. Moser. 1988. The effect of droughting on varieties and ecotypes of *Lolium*, *Cactylis* and *Festuca*. *J. Appl. Ecolo.* 19: 881-889.
8. Parmar, M.T. and R.P. Moore 1966. Effects of drought by polyethylene glycol solutions on corn (*Zea mays* L.) germination and seedling development. *Agron. J.* 58: 391-392.
9. Roundy, B.A., J.A. Young, and R.A. Evans. 1985. Germination of Basin wildrye and tall wheatgrass in relation to osmotic and matric potential. *Agron. J.* 77: 128-135.
10. Sharma, M.L. 1973. Simulation of drought and its effect on germination of five pasture species. *Agron. J.* 65: 982-987.
11. Thill, D.C., R.D. Schirman and A.P. Appleby. 1979. Osmotic stability of mannitol and polyethylene glycol 20,000 solution used as seed germination media. *Agron. J.* 71: 105-108.
12. Uhivits, R. 1946. Effect of osmotic pressure on water absorption and germination of alfalfa seeds. *Amer. J. Bot.* 33: 278-285.