

## REGULADORES DO CRESCIMENTO E A REVERSÃO DOS EFEITOS INIBITÓRIOS DA SALINIDADE NA GERMINAÇÃO E VIGOR DE PLÂNTULAS DE *SORGHUM BICOLOR* (L) MOENCH

JOSE TARQUÍNIO PRISCO \*

LARRY BARBOSA \*\*

LUIZ GONZAGA REBOUÇAS FERREIRA \*

Após a descoberta de que o ácido giberélico era capaz de substituir a exigência de luz para a germinação de sementes de alface(8), e de que este hormônio controla a síntese *de novo* de hidrolases responsáveis pela mobilização de reservas nas sementes de cereais(1, 2, 17, 18), vários trabalhos foram realizados com o fim de elucidar os mecanismos de controle da germinação, principalmente no que diz respeito ao controle hormonal(11). Todavia, os dados sobre os efeitos de reguladores do crescimento na germinação de sementes submetidas a condições de stress salino ou de água ainda são raros. EVANS & STICKLER(3) testaram o ácido giberélico em sementes de quatro cultivares de sorgo, semeadas em soluções de D-manitol e concluíram que a aplicação deste hormônio elevava a percentagem de germinação, mesmo quando o potencial hídrico da solução externa era da ordem de  $-15$  atm. Todavia, SARIN & NARAYANAN (15), estudando os efeitos de reguladores do crescimento no metabolismo e no desenvolvimento de plântulas de

trigo semeadas em solos salinos, concluíram que o ácido giberélico era capaz de sobrepujar o efeito inibitório da salinidade na atividade da  $\alpha$ -amilase, mas não exercia nenhum efeito sobre o crescimento das plântulas. Por outro lado, sabe-se que a produção de hidrolases, induzida por ácido giberélico, pode ser inibida por soluções de polietileno glicol, manitol(5), maltose e glicose(6).

Tendo em vista o exposto acima e que o efeito do ácido giberélico na germinação é também função do teor de citocininas(9), resolvemos testar a possibilidade de sobrepujar os efeitos inibitórios da salinidade na germinação e no vigor das plântulas de sorgo, por meio de pré-embebição das sementes em soluções desses reguladores do crescimento.

### MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) cultivar EA-116 (Indian Sorghum nº 3937-2) foram selecionadas, armazenadas e postas para germinar de acordo com PRISCO *et al.*(12). Os sais e os potenciais de água das soluções salinas foram os mesmos utilizados anteriormente(13).

Inicialmente, as sementes foram pré-embebidas, durante 24 horas(13), em soluções de 100 mg/l de ácido giberélico (Sigma Chemical Company, St.

\* Professores do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.

\*\* Professor da Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil.

Louis, MO, U.S.A.) ou em soluções de 50 mg/l de N6-benzil-adenina (Nutritional Biochemical Corporation, Cleveland, OH, U.S.A.) e semeadas em água destilada com o objetivo de determinar os efeitos dos citados hormônios na germinação.

Para o estudo da reversão dos efeitos da salinidade na germinação foram estabelecidos os seguintes tratamentos: a) sementes pré-embebidas em soluções de 100 mg/l de ácido giberélico (GA) e semeadas em solução salina; b) sementes pré-embebidas em soluções de 50 mg/l de N6-benzil-adenina (BA) e semeadas em solução salina; c) sementes pré-embebidas e semeadas em água destilada; d) sementes pré-embebidas e semeadas em solução salina. Pela programação da temperatura dos germinadores as sementes pré-embeberam por 8 horas a 30°C e por 16 horas a 20°C(13). A germinação e o vigor foram avaliados de acordo com PRISCO *et al.*(12).

Usou-se delineamento inteiramente casualizado(4), sendo a soma dos quadrados para tratamentos, quando estatisticamente significativa, desdobrada em contrastes ortogonais(16) para comparação entre tratamentos pelas Tabelas de F a 1 e 5% de nível de significância.

## RESULTADOS

Pré-embebição, durante 24 horas, em GA (100 mg/l) ou BA (50 mg/l) não apresentou nenhum efeito na germinação, quando sementes de sorgo foram semeadas em substratos umedecidos com água destilada (Tabelas I e II). Quando as sementes foram semeadas em soluções de NaCl ou de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,

o pré-tratamento com quaisquer dos hormônios acima citados reverteu, parcialmente, os efeitos inibitórios dos sais (Tabelas III, IV, V e VI). O desdobramento do quadrado médio para tratamentos em contrastes ortogonais, demonstra que tanto GA como BA são eficientes na reversão dos efeitos deletérios da salinidade na germinação, não havendo, entretanto, nenhuma diferença em eficiência entre os dois hormônios (Tabelas IV e VI).

Plântulas provenientes de sementes pré-embebidas em GA ou BA e semeadas em água apresentaram menor comprimento radicular médio do que as provenientes de sementes que pré-embeberam e foram semeadas em água (Figura 1). O comprimento médio da parte aérea foi maior quando as sementes foram pré-embebidas em GA e semeadas em água do que quando fo-

TABELA I

Percentagem de Germinação de Sementes de *Sorghum bicolor* (L) Moench Pré-embebidas em Ácido Giberélico, Benzil-adenina ou Água Destilada e Semeadas em Água Destilada. Fortaleza, Ceará, Brasil, 1975.

Água Destilada (1)	Pré-embebidas em Ácido Giberélico (2)	Pré-embebidas em Benzil-Adenina (3)
92	90	90
94	92	88
90	88	88
92	92	94

Os números representam a percentagem de germinação após 6 dias da sementeira: (1) sementes pré-embebidas e semeadas em água destilada; (2) sementes pré-embebidas em ácido giberélico (100 mg/l) e semeadas em água destilada; (3) sementes pré-embebidas em benzil-adenina (50 mg/l) e semeadas em água destilada.

ram pré-embebidas em água ou BA e semeadas em água. O comprimento total médio das plântulas provenientes de sementes pré-embebidas em GA e semeadas em água foi, também, maior do que o apresentado pelas plântulas provenientes de sementes pré-embebidas em água ou BA e semeadas em água. Por sua vez, o comprimento total médio das plântulas provenientes de sementes pré-embebidas em BA foi menor do que o daquelas provenientes de sementes pré-embebidas e semeadas em água.

Plântulas provenientes de sementes pré-embebidas e semeadas em NaCl (DL50 = —4,9 bar) tiveram seu crescimento reduzido em relação àquelas que foram pré-embebidas e semeadas em água (Figura 2). O comprimento

TABELA II

Análise da Variância para Germinação de Sementes de *Sorghum bicolor* (L) Moench Pré-embebidas em Ácido Giberélico, Benzil-adenina ou Água Destilada e Semeadas em Água Destilada. Fortaleza, Ceará, Brasil, 1975.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	2	8,67	4,33	0,907 N.S.
Resíduo	9	43,00	4,77	
<b>TOTAIS</b>	<b>11</b>	<b>51,67</b>	<b>—</b>	

(N.S.) Estatisticamente não significativo ao nível de 5%.

TABELA III

Percentagem de Germinação de Sementes de *Sorghum bicolor* (L) Moench Pré-embebidas em Ácido Giberélico, Benzil-adenina ou NaCl e Semeadas em NaCl. Fortaleza, Ceará, Brasil, 1975.

NaCl (1)	Pré-embebidas em Ácido Giberélico (2)	Pré-embebidas em Benzil-Adenina (3)
52	66	66
52	62	64
52	70	68
46	72	76

Os números representam a percentagem de germinação após 6 dias da semeadura: (1) sementes pré-embebidas e semeadas em NaCl (DL50 = —4,9 bar); (2) sementes pré-embebidas em ácido giberélico (100 mg/l) e semeadas em NaCl (DL50 = —4,9 bar); (3) sementes pré-embebidas em benzil-adenina (50 mg/l) e semeadas em NaCl (DL50 = —4,9 bar).

TABELA IV

Análise da Variância para Germinação de Sementes de *Sorghum bicolor* (L) Moench Pré-embebidas em Ácido Giberélico, Benzil-adenina ou NaCl e Semeadas em NaCl. Fortaleza, Ceará, Brasil, 1975.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	2	844,67	422,34	23,46 **
NaCl x Hormônios	1	840,17	840,17	46,68 **
Ac. Gib. x Benz. Adenina	1	4,50	4,50	0,25 N.S.
Resíduo	9	162,00	18,00	

(\*\*) Estatisticamente significativo ao nível de 1%.

(N.S.) Estatisticamente não significativo ao nível de 5%.

TABELA V

Percentagem de Germinação de Sementes de *Sorghum bicolor* (L) Moench Pré-embebidas em Ácido Giberélico, Benzil-adenina ou Na SO<sub>2</sub> e Semeadas em Na SO<sub>2</sub>. Fort., Ce., Brasil, 1975.

Na SO <sub>2</sub> (1) 2 4	Pré-embebidas em Ácido Giberélico (2) 2 4	Pré-embebidas em Benzil-Adenina (3) 2 4
46	62	64
50	58	48
42	62	54
40	60	54

Os números representam a percentagem de germinação após 6 dias da sementeira: (1) sementes pré-embebidas e semeadas em Na SO<sub>2</sub> (DL50 = -3,8 bar); (2) sementes pré-embebidas em ácido giberélico (100 mg/l) e semeadas em Na SO<sub>2</sub> (DL50 = -3,8 bar); (3) sementes pré-embebidas em benzil-adenina (50 mg/l) e semeadas em Na SO<sub>2</sub> (DL50 = -3,8 bar).

TABELA VI

Análise da Variância para Germinação de Sementes de *Sorghum bicolor* (L) Moench Pré-embebidas em Ácido Giberélico, Benzil-adenina ou Na SO<sub>2</sub> e Semeadas em Na SO<sub>2</sub>. Fortaleza, Ceará, Brasil, 1975.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos Na SO <sub>2</sub> x Hormônios 2 4	2	528,87	264,35	11,78 **
Ac. Giberélico x Benzil-Adenina	1	468,17	468,17	20,86 **
Resíduo	1	60,50	60,50	2,70 N.S.
	9	202,00	22,44	
<b>TOTAIS</b>	11	730,67	—	

(\*\*) Estatisticamente significativo ao nível de 1%.

(N.S.) Estatisticamente não significativo ao nível de 5%.

médio do sistema radicular foi menor quando as sementes foram pré-embebidas em GA e semeadas em NaCl do que quando elas foram pré-embebidas em BA ou NaCl e semeadas neste último sal. O comprimento médio da parte aérea foi mais afetado no tratamento em que as sementes foram pré-embebidas e semeadas em NaCl do que nos tratamentos em que elas foram pré-embebidas em GA ou BA e semeadas em NaCl. Os efeitos sobre o comprimento total médio foram semelhantes ao observado sobre o comprimento médio da parte aérea, sendo que, enquanto a pré-embebição em GA sobrepujou, parcialmente, os efeitos inibitó-

rios do NaCl, a pré-embebição em BA não teve nenhuma influência.

Plântulas provenientes de sementes pré-embebidas e semeadas em Na SO<sub>2</sub> (DL50 = -3,8 bar) tiveram seu crescimento reduzido em relação àquelas que foram pré-embebidas e semeadas em água (Figura 3). O comprimento médio do sistema radicular foi menor quando as sementes foram pré-embebidas em GA ou BA e semeadas em Na SO<sub>2</sub> do que quando elas foram pré-embebidas e semeadas em Na SO<sub>2</sub>. Enquanto que, a pré-embebição em GA

sobrepujou, parcialmente, os efeitos inibitórios do  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  no comprimento

médio da parte aérea, a pré-embebição em BA praticamente não teve nenhuma influência. O comprimento total médio das plântulas provenientes de sementes pré-embebidas em  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ou GA e semeadas em  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  foi

praticamente o mesmo, mas o daquelas pré-embebidas em BA e semeadas em  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  foi inibido.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

As sementes pré-embebidas em GA ou BA e semeadas em água não apresentaram modificações nas suas percentagens de germinação, quando comparadas com sementes pré-embebidas e semeadas em água (Tabelas I e II). Entretanto, quando as sementes foram semeadas em  $\text{NaCl}$  ou  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , o pré-tratamento com quaisquer dos hormônios citados sobrepujou, parcialmente, os efeitos inibitórios dos sais na germinação (Tabelas III, IV, V e VI). O efeito do GA na elevação da percenta-

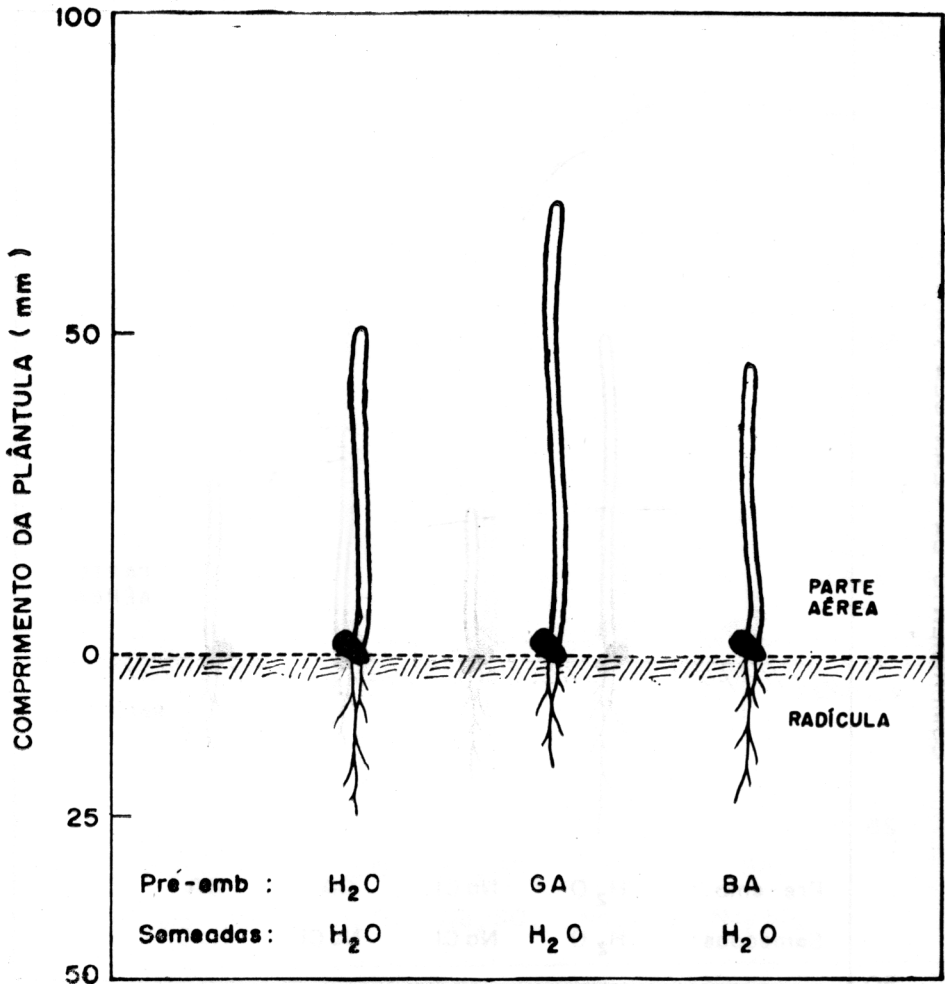


FIGURA 1 — Vigor das plântulas de *Sorghum bicolor* (L) Moench provenientes de sementes pré-embebidas por 24 horas em água destilada, ácido giberélico (100 mg/l) ou benzil-adenina (50 mg/l) e semeadas em água destilada.

gem de germinação de sementes germinadas sob condições de *stress*, foi observado anteriormente por EVANS & STICKLER(3), para sementes de sorgo, e por SARIN & NARAYANAN(15), para sementes de trigo. Os sais parecem inibir a síntese e/ou atividade de enzimas hidrolíticas necessárias ao processo germinativo(15), enquanto que o GA e/ou BA parecem sobrepujar, parcialmente, este efeito. Esta hipótese parece viável, não só pelos dados obtidos, mas também por se saber que GA promove a síntese de hidrolases em sementes de gramíneas(10, 14) e que citocininas eliminam o efeito de certos inibidores da germinação(9).

O pré-tratamento das sementes com BA ou GA inibiu o crescimento do sistema radicular das plântulas de sorgo (Figura 1). A inibição do crescimento do sistema radicular por GA pode ser interpretada como devida a concentrações supra-ótimas deste hormônio, pois, como sabemos, as giberelinas são sintetizadas nas extremidades das raízes (7, 10) e aplicações exógenas deste hormônio podem resultar na elevação exagerada na concentração do mesmo, que, como consequência, pode inibir o crescimento radicular. A inibição devida a BA foi também observada por outros autores(19).

Tanto NaCl como Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> inibiram

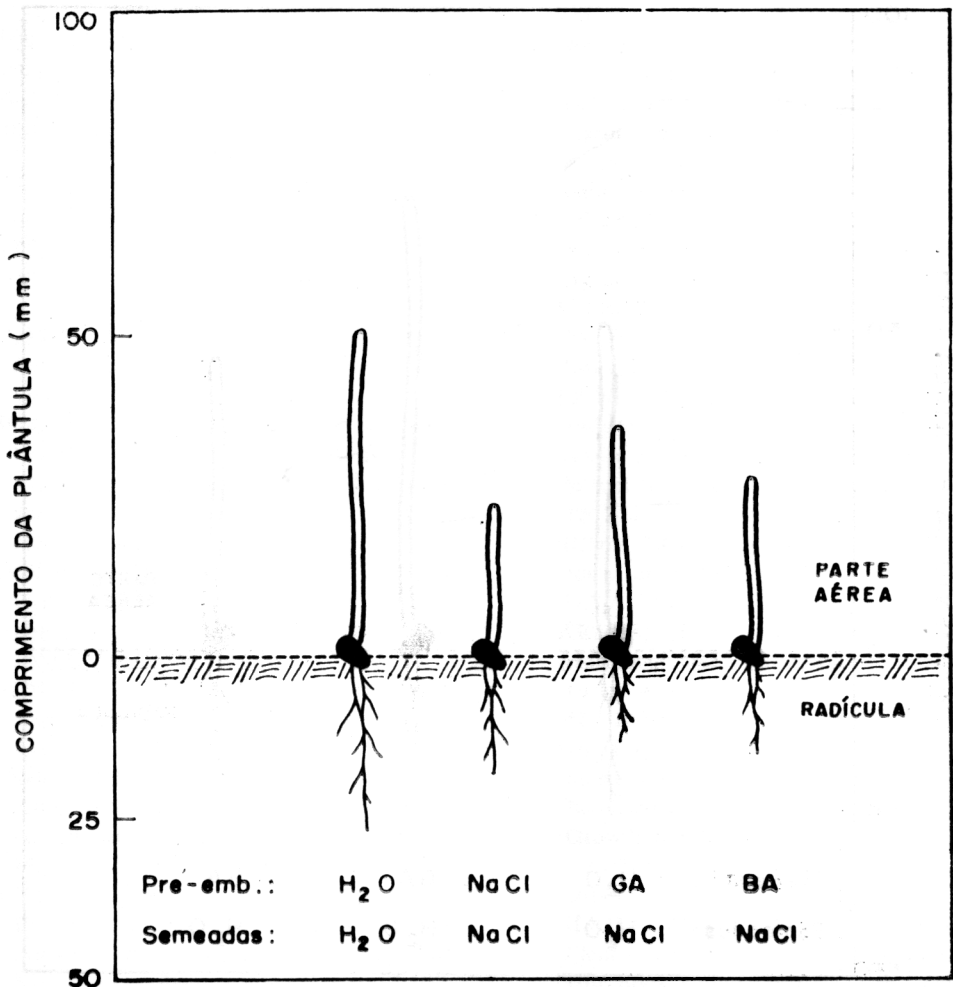


FIGURA 2 — Vigor das plântulas de *Sorghum bicolor* (L) Moench provenientes de sementes pré-embecidas por 24 horas em água destilada, ácido giberélico (100 mg/l), benziladenina (50 mg/l) ou NaCl e semeadas em NaCl.

o crescimento radicular. Esta inibição foi aumentada quando sementes foram pré-embebidas em GA ou BA (Figuras 2 e 3). Isto pode ser devido ao fato de os sais estarem inibindo a translocação destes hormônios e aplicações exógenas de GA ou BA elevarem a concentração no sistema radicular a níveis supra-ótimos, de modo a inibir, ainda mais, o crescimento das radículas. Esta inibição da translocação de hormônios pelos sais é melhor evidenciada quando examinamos os efeitos sobre o crescimento da parte aérea. Neste caso a inibição do crescimento, ao contrário do ocorrido com as radículas, foi parcialmente revertida pela adição de GA, fato este concordante

com os dados obtidos por EVANS & STICKLER<sup>(3)</sup>.

### SUMMARY

*Sorghum bicolor* (L) Moench seeds were germinated in water or salt solutions, after imbibition for 24 hours, in water, NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, gibberellic acid (100 mg/l) or N<sup>6</sup>-benzyl-adenine (50 mg/l). The water potentials of the salt solutions were -4,9 bars for NaCl, and -3,8 bars for Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Imbibition of the seeds in GA or BA overcome, partially, the inhibitory effects of salinity on seed germination. Salinity inhi-

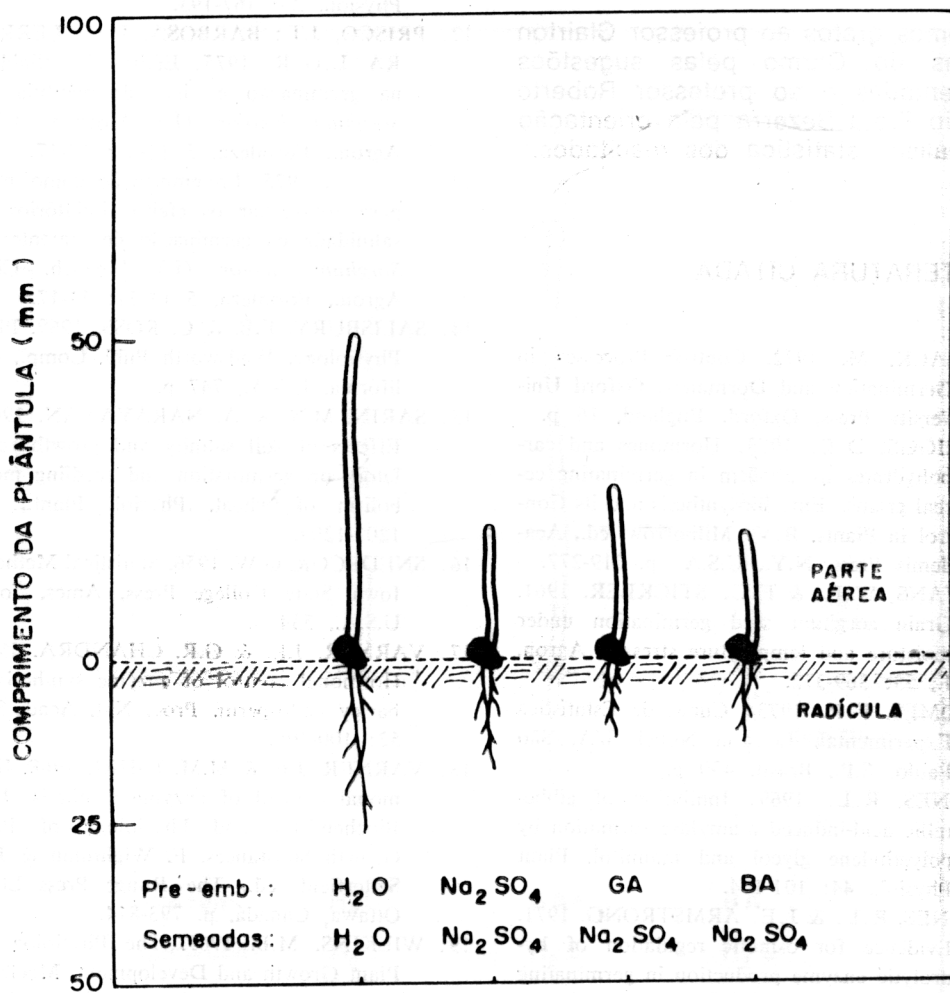


FIGURA 3 — Vigor das plântulas de *Sorghum bicolor* (L) Moench provenientes de sementes pré-embebidas por 24 horas em água destilada, ácido giberélico (100 mg/l), benzil-adenina (50 mg/l) ou Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e semeadas em Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

bited seedling vigor by decreasing both radicle and shoot length. Imbibition of the seeds in GA or BA inhibited, even more, radicle growth of salt stressed seedlings. GA overcame, partially, the salinity inhibition of shoot growth while BA did not show any effect. Salinity appeared to inhibit hormone translocation from radicles to shoots. Exogenous applications of growth regulators supplied the needs of the shoots, but hormone concentrations in the radicles appeared to have reached supra-optimal levels.

### AGRADECIMENTOS

Somos gratos ao professor Clairton Martins do Carmo pelas sugestões apresentadas e ao professor Roberto Cláudio Frota Bezerra pela orientação na análise estatística dos resultados.

### LITERATURA CITADA

1. BLACK, M. 1972. Control Processes in Germination and Dormancy. Oxford University Press, Oxford, England, 16 p.
2. BRIGGS, D.E. 1973. Hormones and carbohydrates metabolism in germinating cereal grains. Em: Biosynthesis and its Control in Plants. B.V. Milborrow, ed., Academic Press, N.Y., U.S.A., p. 219-277.
3. EVANS, W.F. & F.C. STICKLER. 1961. Grain sorghum seed germination under moisture and temperature stresses. Agron. J., 53: 369-372.
4. GOMES, F.P. 1973. Curso de Estatística Experimental. Livraria Nobel S/A, São Paulo, S.P., Brasil, 430 p.
5. JONES, R.L. 1969. Inhibition of gibberellic acid-induced  $\alpha$ -amylase formation by polyethylene glycol and mannitol. Plant Physiol., 44: 101-104.
6. JONES, R.L. & J.E. ARMSTRONG. 1971. Evidence for osmotic regulation of hydrolytic enzyme production in germinating barley seeds. Plant Physiol., 48: 137-142.
7. JONES, R.L. & I.D.J. PHILLIPS. 1966. Organs of gibberellin synthesis in light-grown sunflower plants. Plant. Physiol. 41: 1381-1386.
8. KHAN, A.A. 1960. Promotion of lettuce seed germination by gibberellin. Plant Physiol., 35: 333-339.
9. KHAN, A.A.; C.E. HEIT; E.C. WATERS; C.C. ANOJULU & L. ANDERSON. 1971. Discovery of a new role for cytokinins in seed dormancy and germination. Search Agric., 1: 1-12.
10. LEOPOLD, A.C. & P.E. KRIEDEMANN. 1975. Plant Growth and Development. McGraw-Hill Book Company, N.Y., USA, 545 p.
11. MAYER, A.M. & Y. SHAIN. 1974. Control of seed germination. Ann. Rev. Plant Physiol., 25: 167-193.
12. PRISCO, J.T.; BARBOSA, L. & FERREIRA, L.G.R. 1975. Efeitos da salinidade na germinação e vigor de plântulas de *Sorghum bicolor* (L) Moench. Ciên. Agron., Fortaleza, 5 (1-2): 13-17.
13. ————. 1975. Pré-embebição como meio para sobrepujar os efeitos inibitórios da salinidade na germinação de sementes de *Sorghum bicolor* (L) Moench. Ciên. Agron., Fortaleza, 5 (1-2): 13-17.
14. SALISBURY, F.B. & C. ROSS. 1969. Plant Physiology. Wadsworth Publ. Comp., Califórnia, U.S.A., 747 p.
15. SARIN, M.N. & A. NARAYANAN. 1968. Effects of soil salinity and growth regulators on germination and seedling metabolism of wheat. Physiol. Plant., 21: 1201-1209.
16. SNEDECOR, G.W. 1956. Statistical Methods. Iowa State College Press, Ames, Iowa, U.S.A., 534 p.
17. VARNER, J.E. & G.R. CHANDRA. 1964. Hormonal control of enzyme synthesis in barley endosperm. Proc. Nat. Acad. Sci., 52: 100-106.
18. VARNER, J.E. & M.M. JOHRI. 1968. Hormonal control of enzyme synthesis. Em: Biochemistry and Physiology of Plant Growth Substances. F. Wightman & J.G. Setterfield, ed., The Runge Press Ltda., Ottawa, Canadá, p. 793-814.
19. WILKINS, M.B. 1969. The Physiology of Plant Growth and Development, McGraw-Hill Book Comp., N.Y., U.S.A., 696 p.