

EFFECTOS DE ALGUNAS POLIAMINAS EN LA PROTECCION CONTRA LAS HELADAS Y EL GRADO DE PROLIFICIDAD EN MAIZ

JESUS NORATO RODRIGUEZ

Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología. Apartado Aéreo 23227 Bogotá, Colombia.

CARLOS VICENTE CORDOBA

MARIA ESTRELLA LEGAZ

Universidad Complutense de Madrid España.

MANUEL TORREGROZA C.

Instituto Colombiano Agropecuario C.I. Tibaitatá, A.A. 151123, Bogotá, Colombia

RESUMEN

En 1989, en el Centro de Investigaciones Tibaitatá del Instituto Colombiano Agropecuario se efectuó un ensayo para determinar la posible acción protectora de varias poliaminas sobre cultivos de maíz afectados por la acción deletérea de las heladas.

Los tratamientos con poliaminas reactivaron el crecimiento en altura de la planta suspendido por la helada, estimularon el desarrollo de mayor número de marzorcas (prolificidad) y favorecieron mayores rendimientos en grano. Estos efectos se observaron más marcadamente en el genotipo prolífico MB 510.

SUMMARY

During 1989 in the Tibaitatá Research Center, an experiment was carried out with the purpose of establishing the possible protecting action of various polyamines on corn crop affected by chillings.

The treatments with polyamines reactivated the growth in plant height which had been interrupted by chilling. They also stimulated the development of a higher number of ear shoots (prolificity) and increased grain yield.

The effects were specially observed in the MB 510 genotype.

Palabras claves: Poliaminas - Heladas - Maíz - Prolificidad

INTRODUCCION

En Colombia, en la década de los años 50, se iniciaron estudios sobre selección masal divergente, con el propósito de obtener genotipos capaces de producir más de una mazorca por planta (Torregroza, 1974). Estos maíces prolíficos, además de incrementar el número de mazorcas por planta y el rendimiento, desarrollan caracteres ecofisiológicos que les permiten estabilizar la producción ante factores ambientales adversos (Hallauer y Troyer, 1972; Nakaseko y Gotoh, 1976; Norato, 1981). A pesar de que en maíz se diferencian varias mazorcas sobre el eje principal, y también mazorcas secundarias sobre los pedúnculos de las mazorcas principales (Norato, 1981), se forman completamente una, dos o tres, si el genotipo es o no prolífico (Torregroza, 1975). Se acepta que la inhibición de las mazorcas inferiores por la mazorca superior es un tipo de dominancia apical (Harris, et al, 1976; Earley et al, 1974); para verificar la naturaleza hormonal de dicha dominancia, Sorrells et al. (1978) y Norato (1986), aplicaron soluciones de diferentes reguladores del crecimiento de ambos tipos de maíz, habiendo logrado el desarrollo completo y de mayor número de mazorcas, y el aumento en la biomasa en ellas acumulada.

El conocimiento de que las poliaminas (PA) actúan como reguladores del crecimiento vegetal (Bagni, 1986; Galston y Kaur Sawhney, 1982) desencadenó una serie de investigaciones en las cuales se ha podido correlacionar su presencia con procesos de división y diferenciación celular (Bagni, Malacelli y Torrigiani, 1980), germinación de semillas y tubérculos (Sinska, 1988; Torrigiani, Scoccianti y Bagni, 1988), floración (Slocum, Kaur Sawhney y Galston, 1984), fructificación (Biassi, Bagni y Costa, 1988), senectud (Altman, 1982; Galston, 1983). También se han comprobado sensibles aumentos en el contenido de PA cuando las plantas se someten a los cambios estacionales de temperatura (Nadeau y Paquin, 1987), y cuando cultivos in vitro se someten a choques osmóticos y alta salinidad (Galston, 1983; Mengoli, Pistocchi y Bagni, 1989), acidificación (Flores, Young y Galston, 1985), deficiencia de cationes como potasio, calcio, magnesio (Smith, 1985; Martin Tancuy, Martin, Paynot y Rossin, 1988; Richards y Coleman, 1975).

A pesar del gran auge que en la última década ha tenido la investigación con PA en vegetales, son escasos los estudios en que se ha comprobado su acción como reguladores del crecimiento en cultivos bajo condiciones climáticas normales (Costa, 1983), o bajo la acción de los diversos tipos de limitantes ambientales a que se someten los cultivos dadas las condiciones cambiantes durante su ciclo vegetativo. De ahí que el objeto de esta investigación fue determinar el efecto protector de algunas poliaminas contra el daño causado por las heladas y el llenado de mazorcas en genotipos prolíficos y no prolíficos de maíz.

MATERIALES Y METODOS

En 1989, en el Centro Nacional de Investigaciones Tibaitatá, del Instituto Colombiano Agropecuario, ubicado en Mosquera - Cundinamarca, se cultivaron los maíces MB 510 y MB 513, prolífico y no prolífico, respectivamente.

Se efectuó un ensayo en parcelas sub-sub-dividas con treinta y dos tratamientos y cuatro repeticiones. Cada uno de los tratamientos se efectuó sobre unidades experimentales conformadas por ocho plantas, sembradas en dos surcos, a las que se les asperjó por dos ocasiones, en los momentos en que se efectuaba la emergencia de la espiga y la emergencia de los pistilos, 20 ml/planta de una de las siguientes soluciones: Putrescina (Put): 0, 1000, 2000, 4000 micromoles; Cadaverina (Cad): 0, 100, 200, 400; Espermidina (Spd), 0, 150, 300, 600, y Espermina (Spm): 0, 50, 100, 200, micromoles. Las dosis intermedias de estos tratamientos fueron determinadas por Norato (datos sin publicar), usando técnicas de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), como las concentraciones normales presentes en las estructuras reproductivas de estos mismos tipos de maíz.

Seis horas antes de efectuarse la primera aplicación de las PA, el cultivo estuvo sometido a la acción de una helada (-1.5°C / 4 hr).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los efectos de las diferentes PA se evaluaron sobre la altura de la planta, número de mazorcas llenadas/plantas, materia seca ($105^{\circ}\text{C}/48\text{ hr}$) en ellas acumulada y materia seca acumulada en los granos - rendimiento (Tabla 1).

Los análisis de varianza únicamente registraron diferencias significativas entre tratamientos en el número de mazorcas llenadas. También se hicieron pruebas de t, con el propósito de definir posibles diferencias entre la dosis de una misma PA y sus respectivos testigos.

Ni en altura, materia seca acumulada en la mazorca, ni en el rendimiento se presentaron diferencias significativas y, por el contrario, se presentó una gran variabilidad entre las réplicas de los diferentes tratamientos, hecho que pudo ocasionar la ausencia de significancia. Sorrells et al. (1978), Harris et al. (1976) y Norato (1986), con el propósito de verificar la regulación hormonal del crecimiento de las mazorcas, aplicaron reguladores del crecimiento en diferentes genotipos de maíz, y también encontraron gran variabilidad y falta de significancia entre los tratamientos. Norta (en prensa) en un estudio en el que por una sola vez aplicó Put a los maíces de este ensayo, sí registró diferencias entre tratamientos. Quizás la falta de diferencias entre tratamientos se deba relacionar con las diferencias micro-climáticas y con la activación diferencial en número y tamaño de los vertederos.

En los tratamientos con PA, las plantas presentaron respuestas similares, y superiores a las obtenidas cuando el cultivo estuvo bajo condiciones climáticas óptimas: 250 cm para MB, 510 y 230 cm para MB 513; mientras que en los testigos

Tabla 1. Efecto de diferentes poliaminas en el crecimiento, llenado de mazorcas y rendimiento en maíces prolíficos y no prolíficos.

Genotipo	P.A.	Dosis (Mmoles)	Altura	No.mazorcas/planta Llenadas •	Peso seco (gr)	Rendimiento (Ton/ha) N.S
			(cm) N.S.			
MB 510	Put	1000	260	2.4	202	4.65
		2000	268	2.1	193	4.50
		4000	245	3.1	223	6.39
		0	188	1.7	113	2.80
	Cad	100	254	2.2	208	5.00
		200	251	3.5	245	5.53
		400	247	2.7	207	6.18
		0	189	1.7	128	3.67
	Spd	150	268	2.7	217	6.10
		300	242	1.7	203	5.90
		600	248	1.9	191	5.12
		0	192	1.7	135	3.67
	Spm	50	258	1.9	155	3.67
		100	238	2.2	244	7.22
		200	243	3.1	224	5.43
		0	181	1.5	133	3.42
MB 513	Put	1000	248	1.2	116	3.17
		2000	218	2.2	114	3.37
		4000	240	1.5	198	2.47
		0	184	1.0	69	2.00
	Cad	100	239	1.2	94	2.72
		200	228	1.2	80	2.55
		400	215	1.6	84	2.40
		0	178	1.0	64	1.55
	Spd	150	227	1.0	158	4.72
		300	228	1.0	144	3.70
		600	227	1.7	127	3.55
		0	176	1.0	52	1.70
	Spm	50	227	1.5	111	3.25
		100	229	1.9	99	3.07
		200	212	1.4	94	2.60
		0	187	1.2	64	1.82

de los dos genotipos de maíz, la altura disminuyó por lo menos 50cm y 30 cm (Norato, 1981); hecho que refleja el efecto negativo causado por la helada sobre el crecimiento de las plantas.

Se podría pensar en que la reversión del daño causado por la helada en el crecimiento de las plantas mediante los tratamientos con las PA pudo producirse

por la reactivación del factor hormonal endógeno estimulador del crecimiento e inhibido por acción de las temperaturas bajas, o también pudo ocurrir que las PA activaron los meristemos intercalares y, luego de la producción de nuevas células, éstas se alargaron hasta alcanzar en la planta completa la altura registrada. Sin embargo, este efecto es contrario al logrado por Bagni, Fracassini y Torrigiani (1982), quienes afirman que las PA activan procesos de división pero no de alargamiento celular.

En ambos tipos de maíz, los tratamientos con las diferentes PA, indujeron el llenado de grano en mayor número de mazorcas/planta: 1.7 - 3.5 en MB 510 y 1.0 - 2.2 en MB 513, respuesta con la que se incrementó el grado de prolificidad hasta en un 106% y 120%, respectivamente. Efecto logrado no sólo por el desarrollo completo de mayor número de mazorcas principales, desarrolladas sobre el eje principal de la planta, sino de mazorcas secundarias, que alcanzaron el desarrollo al permitirse su crecimiento por el alargamiento registrado en el pedúnculo de las mazorcas principales. Resultados similares fueron anotados por Norato (1986), al aplicar a los maíces experimentales empleados en este ensayo auxinas, giberelinas, citoquininas y ethrel.

El desarrollo de mayor número de mazorcas promovido por las PA es una evidente respuesta de promoción del crecimiento, especialmente si se comparan los resultados con los reportados por Torregroza (1974 - 1986), quien luego de varios ciclos de selección masal ha obtenido un máximo de 1.80 mazorcas/planta en el maíz prolífico MB 510. Costa (1983), registró resultados equivalentes a los de este ensayo, cuando aplicando Put, Spd y Spm en árboles de manzano, obtuvo la formación de mayor número y frutos más pesados.

De manera similar, las PA también promovieron la acumulación de materia seca en las mazorcas y en los granos (rendimiento). No siempre se observó una correlación entre el número de mazorcas llenadas, la materia seca en ellas acumulada y el rendimiento, quizá debido a que en unos tratamientos la respuesta se dió activando el crecimiento de mayor número de mazorcas, y en otros, activando el llenado de mayor número de granos en las mazorcas.

El contenido de la Tabla 2, permite deducir la acción promotora de las PA al incrementar el grado de prolificidad y el rendimiento en los maíces experimentales, especialmente en el genotipo MB 510.

Con relación a los genotipos ensayados y a su interacción con las PA, en el maíz prolífico las dosis superiores de las PA indujeron la máxima acumulación de materia seca en mazorcas y grano, y las menores alturas en las plantas; mientras que en MB 513 las respuestas fueron opuestas.

También se destaca que el maíz no prolífico MB 513 es más sensible al efecto negativo causado por la helada, mientras que el maíz prolífico MB 510, mostró mayor capacidad de recuperación ante el estímulo de los diferentes tratamien-

Tabla 2. Efecto de algunos tratamientos con PA en la prolificidad y rendimiento de maíz.

Genotipo	P.A.	Incrementos con relación a sus testigos.		
		Dosis Mm	Mazorcas/planta	Rendimiento (Ton/ha)
MB 510	Put	4000	1.4 ++	3.59 ++
	Cad	400	1.0 ++	2.51 ++
	Spd	150	1.0	2.43
	Spm	100	0.7	3.80 ++
MB 513	Put	2000	1.2 ++	1.37
	Cad	100	0.2	1.17 ++
	Spd	150	0.0	3.02 ++
	Spm	50	0.3	1.43

++ Diferencias significativas con sus propios testigos, según las pruebas de t.

tos con PA, comportamiento que muestra concordancia con lo expuesto por Hallauer y Troyer (1972), Motto y Moll (1983), quienes establecieron que los maíces prolíficos presentan mayor estabilidad ante condiciones ambientales limitantes del crecimiento y desarrollo de la planta.

CONCLUSIONES:

La reversión del daño causado por las heladas, aplicando foliarmente poliaminas, constituye una respuesta de la planta de maíz, hasta el momento desconocida y de gran proyección en la agricultura y biotecnología por su aplicabilidad en otros cultivos in vitro. También por las extensas zonas agrícolas del planeta que periódicamente son afectadas por estos fenómenos climáticos donde causan grandes pérdidas económicas.

El maíz prolífico MB 510, debe poseer algún mecanismo fisiológico que le permite responder más eficazmente a los tratamientos con poliaminas.

La acción hormonal de las poliaminas se manifestó en el maíz al promover el crecimiento en altura de las plantas, incrementar el grado de prolificidad y favorecer la acumulación de materia seca en el grano (rendimiento).

BIBLIOGRAFIA

- ALTMAN, A. 1982. Retardation of radish leaf senescence by polyamines. *Physiol. Plant.* 54: 189-193.
- BAGNI, N., B. MALUCELLI & P. TORRIGIANI. 1980. Polyamines, storage substances and abscisic acid like substances inhibitors during dormancy and very early activation of *Helianthus* tuber tissues. *Physiol. Plant.* 49: 341-345.
- BAGNI, N.D., S. FRACASSINI & P. TORRIGIANI. 1982. Polyamines and cellular growth processes in higher plants. in: Waring, P.F. Plant growth substances. Academic Press. London.
- BAGNI, R., N. BAGNI & G. COSTA. 1988. Endogenous polyamines and their relationship to fruit set and fruit growth. *Physiol. Plant.* 73: 201-205.
- COSTA, G. 1983. polyamines Effects on fruit set of apple. *Hortsci* 18: 59-61.
- EARLY, E.B., J.C. LYONS, E. INSELBERG, R.H. MAIER & E. R. LENG. 1974. Earshoot development of midwest dent corn (*Zea mays* L.). Illinois Exp. Sta. Bull. 747.
- FLORES, H., N.D. YUNG & A. W. GALSTON, 1985. Polyamine metabolism and plant stress. In: Key, J.T. Kosuge. Cellular and molecular biology of plant stress. Alan R. Liss, Inc. New York.
- GALSTON, A. W. & R. KAUR SAWHNEY. 1982. Polyamines. Are They a new class of plant growth regulators?. in: Waring, P.F. Plant growth substances. Academic Press. London.
- GALSTON, A. W. 1983. Polyamines as modulators of plant growth development. *Bioscience* 33: 381-388.
- HALLAUER, A.R. & A. F. TROYER. 1972. Prolific corn hybrids and minimizing risk of stress. *Procd. 27 Ann. Corn and Sorghum Research Conference.* 140-156.
- HARRIS, R.E., R. MOLL & C. STUBER. 1976. Control and inheritance of prolificacy in maize. *Crop Sci.* 16: 843-850.
- MARTIN T. J., C. MARTIN, M. PAYNOT & ROSSIN. 1988. Effect of hormone treatment on growth bud formation and free amine and hydroxycinnamoyl putrescine levels in leaf explant of *Nicotiana tabacum* cultivated in vitro *Plant Physiol.* 88: 600-604.
- MENGOLI, M., R. PISTOCHI & N. BAGNI. 1989. Effect of long term treatment of carrot cell cultures with millimolar concentration of putrescine. *Plant Physiol. Biochem.* 27: 1-8.
- MOTTO, M., & R. MOLL, 1983. Prolificacy in maize. A review. *Maydica* 28: 53-76.
- NADEAU, P. & R. PAQUIN. 1987. Evolution of Polyamines in winter cereal and norege species under field cold acclimation in Quebec. *Ann. Bot. Fennici.* 24: 385-393.
- NAKASEKO, K & K. GOTOTH. 1976. Physiological studies on prolificacy in maize. I. Differences in dry matter accumulation among on two and three eared plants. *Procd. Crop. Sci. Soc. Japan.* 45:263-269.
- NORATO, R. J. 1981. Estudio comparativo del crecimiento y desarrollo en variedades prolíficas y no prolíficas de maíz. Universidad Nacional de

Colombia. Bogotá. (Tesis de Master).

- NORATO, R. J. 1986. Efecto de algunos reguladores en el crecimiento y desarrollo de mazorcas en maíces prolíficos y no prolíficos. *Act. Biol. Col.* 1: 41-55.
- NORATO, R.J. 1991. Efectos de las poliaminas; Putrescina, cadaverina, espermidina y espermina en el crecimiento y desarrollo del maíz y su protección contra las heladas. Comalfi (en prensa).
- RICHARDS, F. & R.G. COLEMAN. 1975. Occurrence of putrescine in potassium deficient barley. *Nature* 70: 460.
- SINSKA, I. 1988. Stimulation of dark germination light sensitive lettuce seeds by polyamines. *Act. Physiol. Plant.* 10: 11-16.
- SLOCUM, R., R. KAUR SAWHNEY & W.A. GALSTON. 1984. Physiology and Biochemistry of polyamines in plants. *Arch. Biochem. Biophys.* 255: 283-303.
- SMITH, T.A. 1975. Recent advances in biochemistry of plant amines. *Phytochem.* 14: 865-890.
- SORRELLS, M.E., R.E. HARRIS & J.H. LOMQUIST. 1978. Response of prolific and non prolific maize to growth regulating chemicals. *Crop. Sci.* 18: 783-787.
- TORREGROZA, C. M. 1974. Ocho ciclos de selección masal divergente por mazorcas por planta en una variedad sintética de maíz. in: Torregroza, C., M. C. Díaz & E. Arias. Tres artículos científicos sobre métodos de mejoramiento genético y estabilidad fenotípica en maíz. Instituto Colombiano Agropecuario, Programa de maíz y sorgo.: 1-25. Bogotá.
- TORREGROZA, C.M. 1975. Variedades e híbridos de maíz para una alta productividad. in: El cultivo de maíz. Instituto Colombiano Agropecuario. Tibaitatá, Colombiana: 122-133.
- TORREGROZA, C.M. 1977. La selección masal en Maíz. Instituto Colombiano Agropecuario. Programa de maíz y sorgo.: 1-13.
- TORREGROZA, C.M. 1986. Selección Masal estratificada para formar variedades mejora adaptadas a los diferentes pisos térmicos del país. XII Reunión del Programa Nacional de Maíz. Memorias. C. N. I. Turipaná. Compilado por F. Arboleda R.: 36-108.
- TORRIGIANI, P., V. SCOCCIANI & N. BAGNI. 1988. Polyamine oxidase activity and polyamine content in maize during seed germination. *Physiol. Plant.* 74: 427-432.