

EFFECTOS DE LA PUTRESCINA EN DIFERENTES CICLOS DE SELECCION MASAL DIVERGENTE DEL MAIZ Harinoso Mosquera I Sin.2 AFECTADOS POR LAS HELADAS.

JESUS NORATO RODRIGUEZ

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

MANUEL TORREGROZA CASTRO

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

CARLOS VICENTE CORDOBA

Universidad Complutense de Madrid, España 28040

RESUMEN

En 1989, en el C.I. Tibaitatá, en un ensayo de bloques al azar se aplicó: 0., 1000, 2000 y 4000 Mm de Putrescina (Put) a los ciclos 6, 9, 12 y 15 de subpoblaciones prolíficas y no prolíficas de maíz, que 6 horas antes habían sufrido los efectos de una helada ($-1.5^{\circ}\text{C}/4\text{ hr}$). Como consecuencia del enfriamiento, el crecimiento en altura se supendió, las mazorcas/planta florecidas que llenaron grano, y el rendimiento, disminuyeron; pero la Put aplicada revertió los daños causados por la helada, presentándose diferencias en la altura y rendimiento. Se destaca el ciclo 6 de la subpoblación prolífica, en el que con dosis de 1000, 2000 y 4000 Mm se obtuvieron rendimientos de 6.75, 5.24, y 5.63 Ton/ha. El maíz progenitor (ciclo 0) presentó una gran sensibilidad a la helada, y casi nula respuesta a Put.

Palabras Claves: Putrescina - heladas - prolificidad - maíz.

SUMMARY

During 1989, at the Tibaitatá Research Center, an experiment plot was carried out. On cycles 6, 9, 12 and 15 of prolific and non prolific corn sub-populations which treated with 0, 1000, 2000 and 4000 Mm of putrescine. Six hours before

application, the corn plants suffered chilling effects ($-1.5^{\circ}\text{C}/4\text{ hr}$). As consequence of chilling, the growth in height was suspended, the ear shoots and yield grain decreased. However putrescine application reverted the damage caused by chilling and significative differences were observed in height and yield grain.

Cicle 6 in prolific subpopulation was noticeable, in which 1000, 2000, and 4000 Mm of putrescine yielded 6.75, 5.24 and 5.63 Ton/ha.

The Harinoso Mosquera I. Sin. 2 or cycle cero, showed a higher sensibility to chilling and the answer to putrescine application was almost negligible.

INTRODUCCION

En Colombia, en 1960, Torregroza inició estudios de selección masal divergente en la variedad sintética de maíz Harinoso Moaquera I Sin 2. Desde entonces se han obtenido subpoblaciones prolíficas, que producen más de una mazorca por planta, habiendo incrementado en el ciclo 20, un 58% las mazorcas completamente desarrolladas, y un 42% el rendimiento en grano (Torregroza, 1974, 1975, 1977, 1986). También se han producido subpoblaciones no prolíficas que sólo desarrollan una mazorca por planta, en las que en el ciclo 20, la producción de mazorcas se redujo en un 3% y el rendimiento aumentó 15%; estos maíces son más precoces (Norato 1981) y menos estables ante condiciones de alta densidad de siembra y ambientes limitantes (Sorrells et al., 1978). Dichos estudios han comprobado que la selección masal por prolificidad incrementa la productividad en mazorcas por planta y en rendimiento, y dota a las plantas con algún factor de resistencia que las protege de condiciones limitantes para su crecimiento y desarrollo normales.

Por otra parte, se ha supuesto que en maíz, la inhibición de las mazorcas inferiores por la espiga y por la mazorca superior, es un tipo de dominancia apical (Earley et al. 1974 ; Harris et al., 1976). La naturaleza hormonal de dicha dominancia la comprobaron Sorrells et al. (1978) y Norato (1986), quienes asperjaron plantas con varios reguladores y lograron el desarrollo de mazorcas que normalmente permanecen inhibidas.

En la última década, uno de los grupos de reguladores vegetales más estudiados han sido las poliaminas (PA) (Galston & Kaur - Sawhney, 1982; Bagni, 1986). Su naturaleza policatiónica (Slocum, Kaur - Sawhney & Galston, 1984) facilita realizar una compleja interacción con membranas celulares, proteínas, ácidos nucleicos, enzimas (Bagni, Fracassini & Torrigiani, 1982), y desencadenar procesos relacionados con el crecimiento y desarrollo de las plantas, como son: germinación de semillas (Sinska, 1988) activación de la división y diferenciación celular (Bagni, Malaselli & Torrigiani, 1980), floración (Slocum, Kaur - Sawhney & Galston, 1984) y fructificación (Biasi, Bagni y Costa, 1988) etc.

La utilización de PA en el manejo de protoplastos ha sido uno de los aspectos más positivos y que ha despertado interés en los investigadores (Srivastava, Vashi &

Naik, 1983; Friedeman, Amir & Levin, 1982). En medios de cultivo enriquecidos con PA, los protoplastos de cebada disminuyen la autólisis e incorporan uracilo y leucina en RNA y proteínas. En medios sin PA, se observa una marcada disminución en la incorporación de estos metabolitos, mientras que la actividad de las ribonucleasas y proteasas aumenta (Flores, Young & Galston, 1985). En cultivos *in vitro* de células y órganos sometidos a la acción de factores limitantes para el crecimiento y desarrollo, se ha comprobado que la concentración de Put aumenta asociada al desarrollo de una mayor capacidad de resistencia. Muy importante fue la observación de Richards & Colemann (1952), quienes comprobaron que en plántulas de cebada deficientes en potasio, se acumuló Put, constituyéndose en el compuesto nitrogenado más abundante. Esta observación también se ha hecho en varias especies vegetales sometidas a deficiencias de minerales como sodio, calcio y en general, de cualquier catión esencial para la planta. Otras situaciones anormales en el medio, como incremento en la acidez o basicidad, también causan incrementos en la concentración de Put (Altman Friedman, Amir & Levin, 1982; Galston, 1982). Al sobre-concentrar los medios con NaCl, en cultivos celulares de tabaco y zanahoria, se han registrado altas concentraciones de Put, Espermidina (Spd) y Espermina (Spm). En zanahoria, luego de 15 subcultivos, se ha inducido el desarrollo de resistencia a la salinidad al aumentarse la concentración de Put en las células (Flores & Galston, 1982).

Nadeau y Paquin (1987), determinaron cambios en la concentración de PA durante el ciclo vegetativo de varios cereales y comprobaron que las plantas resistentes a las bajas temperaturas representaban altas concentraciones de Put.

En la actualidad se asume que Spd y Spm son reguladores esenciales para la división y el crecimiento celular (Galston, 1983), y se acepta que cuando las plantas se someten a la acción de factores limitantes, en sus tejidos se acumula Put y Spd que les permiten soportar el efecto negativo del medio (Flores, Young & Galston, 1985).

Sin embargo, la literatura muestra muy pocos estudios en los que, a nivel de campo, se compruebe la acción de las PA como reguladores del crecimiento (Costa, 1983), y menos aún, en los que se muestre su aplicación como protectores de los cultivos ante condiciones ambientales limitantes. Por ello, el propósito de esta investigación fue evaluar si la aplicación foliar de Put produce algún tipo de reversión del daño causado por heladas en diferentes ciclos de selección de subpoblaciones prolíficas y no prolíficas de maíz, y evaluar, si asociadas a los ciclos de selección, se presentan respuestas que modifiquen los patrones de crecimiento, el grado de prolificidad o el rendimiento.

MATERIALES Y METODOS

Los maíces experimentales fueron los ciclos 6, 9, 12, 15 de las subpoblaciones prolífica y no prolífica, obtenidas por selección masal divergente a partir de la

variedad sintética de maíz Harinoso Mosquera I Sin. 2 (Torregroza, 1986). El ensayo se efectuó durante 1.989, en el C.I. Tibaitatá, del Instituto Colombiano Agropecuario, bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones.

En el momento en que se presentaba la floración masculina y por una sola vez, unidades experimentales de 24 plantas se asperjaron con 240 ml de una de las siguientes soluciones: 0, 1000, 2000 y 4000 micromoles de Put. Las dosis intermedias de estos tratamientos fueron determinadas por Norato (datos sin publicar) en las estructuras reproductivas de los maíces MB 510 y MB 513, prolífico y no prolífico, respectivamente; la Put se asperjó 6 horas después de que el cultivo estuviera sometido a la acción de una helada ($-1.5^{\circ}\text{C}/4\text{ hr}$).

RESULTADOS Y DISCUSION

El daño causado por la helada se evidenció al analizar las respuestas en los testigos (dosis 0) de los diferentes ciclos de ambas subpoblaciones de maíz, (Tabla 1); en ellos se presentaron los más bajos valores. En la subpoblación prolífica, la altura de la planta osciló entre 177 y 190 cm, y entre 167 y 180 cm en la prolífica. El número de mazorcas/planta florecidas o que llenaron grano, y el rendimiento, también se redujeron, especialmente en el ciclo 15 de ambas poblaciones, las que produjeron 2.36 y 2.21 Ton/ha respectivamente. Bajo condiciones normales, Norato (1981) determinó altura de 251 cm en maíces prolíficos; en no prolíficos, 230 cm; y Torregroza (1986) en los ciclos 6 y 15 de las subpoblaciones prolíficas estudiadas en este ensayo, obtuvo el desarrollo de 1.80 y 1.64 mazorcas/planta, y rendimientos de 6.5 y 7.2 Ton/ha, respectivamente. En los mismos ciclos de maíces no prolíficos, registró formación de 1.19 y 1.02 mazorcas/planta, con rendimientos de 5.1 y 5.9 Ton/ha, en su orden.

Comparando los valores anteriores, se nota que por efecto de la helada, la altura de la planta se redujo en, por lo menos, 24% y 21% en ambos tipos de maíz. El rendimiento de los ciclos 6 y 15, en maíces prolíficos, se redujo 37.5% y 67.2%, mientras que en los no prolíficos la reducción alcanzó valores de 54.9% y 62.6%, respectivamente.

En los diferentes parámetros evaluados, las respuestas obtenidas mostraron que la Put revertió los daños causados por la helada (Tabla 1). En la subpoblación prolífica, la altura de las plantas de 201 a 229 cm se aproximó a la alcanzada bajo condiciones normales de cultivo (Norato 1981); y el rendimiento, de 3.11 - 6.75 Ton/ha, sin ningún contenido de humedad, también dejó ver una tendencia hacia los valores obtenidos por Torregroza (1986). En los materiales no prolíficos, la Put también promovió la reactivación del crecimiento, registrándose alturas de 195 a 221 cm., cercanas a las obtenidas en cultivos bajo condiciones climáticas normales (Norato, 1981). El rendimiento estuvo dentro del rango de las 2.88 y 5.57 Ton/ha.

Aunque sin diferencias significativas, en ambos tipos de maíz se observó que la Put ejerció un efecto hormonal al promover el crecimiento y llenado de mayor

Tabla 1: Efectos de la Put en la altura, número de mazorcas y rendimiento de maíces afectados por heladas.

Subpoblación	Ciclos	Put	Altura (cm) ++	No.mazorcas/planta		Rendimiento Ton / ha ++
		Mm		Activadas N.S.	llenadas N.S.	
Harinoso Mos- quera Sin.2	0	1000	168 h	1.67	1.67	3.40 d
		2000	182 g	1.17	1.00	4.29 c
		4000	189 g	1.17	1.00	4.28 c
		0	155 i	1.00	1.00	3.85 c
Prolífica	6	1000	201 f	2.17	2.00	4.29 c
		2000	212 ed	2.67	2.00	5.26 b
		4000	220 bc	2.17	2.00	4.49 bc
		0	190 g	2.00	1.67	4.06 c
	9	1000	209 ed	2.33	2.16	3.85 c
		2000	213 cd	1.67	1.33	3.02 d
		4000	227 ab	2.00	1.83	2.84 d
		0	186 g	2.00	1.50	3.16 d
	12	1000	205 def	2.33	2.00	6.75 a
		2000	224 ab	2.67	2.16	5.29 b
		4000	229 a	2.67	2.33	5.63 b
		0	177 g	2.00	1.67	4.56 bc
	15	1000	220 bc	2.50	2.17	4.84 bc
		2000	215 c	2.50	2.17	3.11 d
		4000	220 bc	3.25	2.83	5.15 bc
		0	182 g	2.00	2.00	2.36 d
No prolífica	6	1000	213 cde	1.21	1.00	4.52 bc
		2000	207 d e	1.42	1.00	3.80 c
		4000	202 fl	1.33	1.00	5.57 b
		0	167 h	1.16	0.83	2.82 d
	9	1000	199 f	1.58	1.00	3.49 c
		2000	196 fg	1.25	1.16	3.86 c
		4000	201 f	1.33	1.00	4.28 c
		0	169 h	1.33	1.00	3.30 d
	12	1000	199 f	1.08	1.00	3.92 c
		2000	195 fg	1.17	1.00	3.88 c
		4000	197 f	1.25	1.17	4.69 bc
		0	180 g	1.08	1.00	2.21 d
	15	1000	207 de	1.17	1.00	2.88 d
		2000	214 cde	1.25	1.00	4.34 c
		4000	221 ab	1.25	1.00	4.14 c
		0	180 g	1.08	1.00	2.21 d

++ Diferencias altamente significativas. P=0.01
NS Sin diferencias significativa
Los valores con las mismas letras son estadísticamente iguales. Prueba de Duncan.

número de mazorcas/planta; sin embargo, la diferencia entre las mazorcas activadas y que llenaron grano se puede interpretar como debida al daño causado por la helada en algunas de las espiguillas de la inflorescencia masculina, las que murieron sin liberar el polen.

Entre las subpoblaciones y entre las dosis de Put aplicadas en un mismo ciclo, se observaron diferencias. Así, en la subpoblación prolífica, la altura obtenida fue 201 cm; 2.07 y 1.88 las mazorcas/planta que florecieron y que llenaron grano, y 4.23 Ton/ha el rendimiento; mientras que en los maíces no prolíficos se obtuvo: 191 cm de altura, 1.22 y 1.00 mazorcas florecidas y que llenaron grano, y 3.18 Ton/ha de rendimiento. En los ciclos 0, 6, 9, 12, y 15, los valores promedio de altura fueron: 173, 201, 199, 200 y 207 cm; las mazorcas/planta llenadas: 1.04, 1.43, 1.37, 1.52 y 1.64; y los rendimientos: 3.95, 4.35, 3.47, 4.68 y 3.63 Ton/ha respectivamente. En ambas subpoblaciones se destacaron los ciclos 6 y 15, con dosis de Put de 2000 y 4000 micromoles, en los que se registraron rendimientos superiores a sus respectivos testigos en porcentajes del 25, 10, 32, 118, -35, 97, 96, y 87. En el ciclo 6 de la subpoblación prolífica, se obtuvieron los más altos rendimientos: 6.75, 5.29 y 5.63 Ton/ha, que al transformarlos con un 15% de contenido de humedad, equivaldrían a: 7.76, 6.08, y 6.47 Ton/ha, valores muy cercanos e inclusive superiores a los obtenidos por Torregroza (1986), después de 20 ciclos de selección masal divergente.

En el progenitor Harinoso Mosquera I Sin. 2, no se presentaron respuestas significativas a la aplicación de Put, los valores obtenidos se aproximan a los hallados en los tratamientos testigos, especialmente de los maíces no prolíficos. La sensibilidad a las heladas y la casi nula respuesta a la Put permiten pensar que quizá, la selección divergente a partir del progenitor, seleccionó y acumuló genes en los maíces prolíficos que les capacitaron para una eficaz absorción y empleo de la Put.

Las respuestas de la reactivación del crecimiento en altura, llenado de grano en mayor número de mazorcas, e incremento del rendimiento obtenido mediante aplicación de Put, son comparables a las obtenidas por Norato (1986) y Sorrells et al. (1976), quienes aplicando otra clase de reguladores del crecimiento en genotipos prolíficos y no prolíficos de maíz, también obtuvieron el desarrollo de mayor número de mazorcas y la acumulación de mayor cantidad de materia en los granos; también comparables a los obtenidos por Norato (en prensa), quien al aplicar Put, Cad, Spd y Spm a los maíces MB 510 y MB 513 observó respuestas similares a las logradas en este ensayo.

Las respuestas registradas en este estudio, y las de Norato (1986, y en prensa), obligan a plantear nuevas correlaciones entre los órganos de las plantas, ejercidas a través de los diferentes reguladores del crecimiento, especialmente en el caso de la dominancia apical, en la que las PA podrían tener una efectiva participación.

BIBLIOGRAFIA

- ALTMAN, A., R. KAUR SAWHNEY & A. W. GALSTON. 1977. Stabilization of oat leaf protoplast through polyamines mediated inhibition of senescence, *Plant. Physiol.* 60:570-574.
- ALTMAN, A. 1982. Retardation of radish leaf senescence by polyamines. *Physiol. Plant.* 54: 189-193.
- ALTMAN, A., R. FRIEDEMANN, D. AMIR & N. LEVIN. 1982. Polyamine effects and metabolism in plants under stress conditions. in: P.F. Waring. *Plant growth substances*. Academic Press. London.
- BAGNI, N. D. FRACASSINI & P. TORRIGIANI. 1982. Polyamines and cellular growth processes in higher plants. in: P.F. Waring. *Plant growth substances*. Academic Press. London.
- BAGNI, N. 1986. The function and metabolism of polyamines in plants. *Act. Hort.* 179:95-103.
- BIASI, 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. Effects of polyamines on fruit set of apple. *Hort. Sci.* 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. YOUNG & 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. & K. SAWHNEY. 1982. Polyamines. Are they a new class of plant growth regulators? in: P.F. Waring. *Plant growth substances*. Academic Press London.
- GALSTON, A.W. 1983. Polyamines as modulators of plant growth development. *Bioscience* 33:381-388.
- HARRIS, R.E., R. MOLL & C. STUBER. 1976. Control and inheritance of prolificacy in maize. *Crop Sci.* 16:843-850.
- NADEAU, P. & R. PAQUIN. 1987. Evolution of polyamines in winter cereal and forage species under field cold acclimation. in: Quebec Ann. Bot. Fennici. 24:385-393.
- 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. 1981. Estudio del crecimiento en variedades prolíficas y no prolíficas de maíz. *Comalfi* 8:3-10.
- 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, P. & R.G. COLEMAN. 1952. Occurrence 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.
- SORRELLS, M.E., R.E. HARRIS & J. H. LOMQUIST. 1978. Response of prolific and nonprolific maize to growth regulating chemicals. *Crop. Sci.* 18:783-787.
- SLOCUM, R., R. K. SAWHNEY & W. A. GALSTON. 1984. Physiology and biochemistry of polyamines in plants. *Arch. Biochem. Biophys.* 235:283-303.
- SRIVASTAVA, S.K., D.J. VASHI & B.I. NAIK. 1983. Control of senescence by polyamines and guanidines in young and mature barley leaves. *Phytochem.* 22:2151-2154.
- TORREGROZA, C.M. 1975. Variedades e híbridos de maíz para una alta productividad. In: *El cultivo del maíz*. Instituto Colombiano Agropecuario. Tibaitatá, Colombia. 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 en maíz para formar variedades mejoradas 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.
- 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 y 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.
- HARRIS, R.E., R. MOLT & C. STUBER. 1978. Control and inheritance of prolificacy in maize. *Crop Sci.* 18:843-853.
- NABEAU, R. & R. FAQUIN. 1987. Evolution of polyamines in maize. *Crop Sci.* 27:1043-1047.
- 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 Maestría).
- NORATO, R. J. 1981. Estudio del crecimiento en variedades prolíficas y no prolíficas de maíz. *Comelli* 23:10.
- NORATO, R. J. 1986. Efectos de algunos reguladores en el crecimiento y desarrollo de mazorcas en maíces prolíficos y no prolíficos. *Act. Biol. Col.* 14:1-32.
- 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. *Comelli* (en prensa).
- RICHARDS, P. & R.G. COLEMAN. 1952. Occurrence in *potassium deficient barley*. *Nature* 70:466.