

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objeto de determinar la acción de 6 productos químicos sobre el trigo. Los productos empleados fueron  $MnCl_2$ ,  $Na_2O_2$ ,  $H_2O_2$  y formaldehído, en concentraciones del 5%, ácido fénico y cafeína en concentraciones del 1%, todos con dos tiempos de inmersión, 8 y 24 horas. Los tratamientos se realizaron en semillas.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede decir que el ácido fénico (24 horas de inmersión), se puede considerar como una buena sustancia mutagénica, aumentando la dosis o posiblemente cambiando el tiempo de inmersión; también son mutagénicos la cafeína y el agua oxigenada.  $MnCl_2$  y  $Na_2O_2$  producen mayor daño fisiológico que genético. El formaldehído debe estudiarse en dosis más bajas y tiempos de inmersión más cortos.

ABSTRACT

The present work was carried out to determine the action of 6 chemical products on wheat.  $MnCl_2$ ,  $Na_2O_2$ ,  $H_2O_2$  and formaldehyde at 5% concentration; phenic acid and caffeine at 1%, and two immersion times, 8 and 24 hours, were used.

According to the results, phenic acid can be considered as a good mutagenic, although it is necessary to increase either the dosage or the immersion time, the same can be said of caffeine and  $H_2O_2$ . Respect to  $MnCl_2$  and  $Na_2O_2$ , physiologic damage is greater than the mutagenic action. Formaldehyde should be studied with a lower dosage.

INTRODUCCION

El mejoramiento de plantas es una técnica con objetivos bien definidos, entre los cuales tiene lugar de preferencia, el aumento de rendimiento, y los mayores esfuerzos realizados han sido en ese aspecto.

La ciencia, y en particular la Genética, ha contribuido al progreso en este sentido y si bien los métodos convencionales de combinación y selección no han alcanzado los límites de su eficiencia, se hace necesario probar métodos nuevos y técnicas que permitan un mayor desarrollo del mejoramiento, lo cual se puede lograr a través de la inducción de mutaciones, por medios físicos o químicos.

De acuerdo con las anteriores consideraciones, se planeó el presente trabajo, cuyo objetivo primordial fue observar el efecto de algunos productos químicos, sobre el trigo, especialmente en lo referente a caracteres relacionados con rendimiento.

REVISION DE LITERATURA

El empleo directo de las mutaciones en el mejoramiento, es un medio suplementario valioso, particularmente cuando se desea mejorar uno o dos caracteres fácilmente identificables. Según Sigurbjornsson (7), las principales ventajas de su empleo son : que el genotipo básico de la variedad solo se altera ligeramente, comparado con el cruzamiento de dos variedades diferentes, y el tiempo requerido pa -

\* Parcial del trabajo presentado para optar a la categoría de Profesor Asociado, Universidad de Nariño

\*\* Profesor Asociado, Departamento de Producción Vegetal, Universidad de Nariño.

ra producir la variedad mejorada es mucho más corto que cuando se emplea la hibridación para alcanzar el mismo resultado. El mismo autor menciona que algunas variedades derivadas de la utilización directa de mutantes inducidas en cebada, trigo, avena, arroz y soya, muestran que por ejemplo, la estatura corta, la precocidad, la resistencia a ciertas enfermedades y algunas mejoras en la calidad del grano pueden introducirse en variedades bien adaptadas sin que haya una alteración significativa en sus otras propiedades.

Williams (8) dice que al usar la técnica de mejoramiento por mutación se debe poner especial atención a la selección de la variedad parental, que debe ser la variedad mejor adaptada para la localidad en cuestión.

Los mutágenos físicos y químicos producen, según Gaul (4), tres tipos de efecto que son de interés especial en mejoramiento: 1) daño fisiológico; 2) mutaciones génicas y 3) mutaciones cromosómicas o aberraciones. Los efectos fisiológicos están restringidos a generaciones posteriores.

El daño fisiológico más importante es la muerte. Cualquiera sea la razón para un comportamiento diferencial de daño fisiológico y cambios hereditarios, para propósitos de mejoramiento, son deseables tratamientos mutagénicos con pocos efectos fisiológicos y fuertes efectos mutagénicos (5). Williams (8), Konzak *et al* (5) mencionan que el daño en M1 se puede medir de varias formas: 1) altura de plántulas, determinada poco después de la germinación; 2) longitud de las raíces; 3) emergencia bajo condiciones de campo; 4) supervivencia bajo condiciones de campo o laboratorio; 5) número de espigas (inflorescencias) por planta; 6) número de florecillas por espiga (inflorescencia); 7) número de semillas por espiga y 8) frutos y semillas por planta. Otro tipo importante de daño es el manchado de las hojas y las quimeras clorofílicas en forma de manchas o bandas.

Es bien conocido que una planta cultivada puede ser mejorada en productivi-

dad, resistencia a plagas y enfermedades y adaptación al medio, cuando la variabilidad genética para el carácter específico se encuentra en la especie o población bajo consideración. En algunos casos, sin embargo, el progreso obtenido para productividad ha hecho tanto uso de la variabilidad natural que el progreso con los métodos clásicos se vuelve cada vez más difícil (8). La posibilidad ofrecida por los agentes mutagénicos para inducir nueva variación genética es en extremo interesante, y podría ser, en algunos casos, la respuesta a los problemas del mejorador.

Según Scossirolli (6), como consecuencia de la peculiaridad de la manifestación fenotípica de los caracteres cuantitativos, un método para detectar la variación inducida por el tratamiento mutagénico es el que dan las comparaciones de la media y la variancia. En general los valores medios para caracteres cuantitativos en poblaciones obtenidas después de tratar gametos o embriones, son más bajos que en poblaciones no tratadas. Esa diferencia disminuye en generaciones posteriores.

En general, los análisis biométricos muestran que el aumento de la variación fenotípica en generaciones que siguen tratamientos mutagénicos, particularmente en plantas de autopolinización, se debe principalmente a un aumento en el componente genético, por efecto de las mutaciones en los factores que influyen en los caracteres cuantitativos.

Aastveit (1) menciona que, como el rendimiento está influenciado por fluctuaciones en el ambiente, no se puede esperar reconocer mutantes para este carácter, en base a una sola planta, sino que se necesita encontrar y aislar grupos de plantas.

En la medida que el rendimiento esté involucrado, el objetivo del mejoramiento es casi siempre aumentar el promedio (selección direccional), siendo de poco interés valores menores que el promedio. Si la capacidad de rendimiento se considera aisladamente, se seleccionarán única-

mente familias que representen genotipos que en generaciones posteriores darán fenotipos más extremos que la variedad original (8).

Brock (3) menciona que la eficiencia de seleccionar el mutante deseado, en caracteres heredados en forma cuantitativa, es más baja que para caracteres controlados por un solo gen, pero es compensada por la mayor frecuencia de mutantes, que resulta del mayor número de genes en cuestión.

Las sustancias químicas cuyo efecto se traduce en mutaciones, se pueden clasificar, según Auerbach (2), de varias formas: inhibidores de la síntesis de bases, análogos de bases, sustancias deaminadoras y agentes alquilantes.

Según Konzak y otros (5), en su interacción, los sistemas combinados de la solución de mutágeno y el material biológico soportan reacciones no solo dentro, sino entre productos químicos presentes en los dos sistemas, y las reacciones de competencia pueden malgastar mutágeno o producir daño.

De acuerdo con Auerbach (2), la búsqueda de agentes mutagénicos químicos se inició antes del descubrimiento de los rayos X; sin embargo, no se obtuvieron resultados positivos sino hasta cuando se descubrió el gas mostaza y el uretano en los principios de la Segunda Guerra Mundial.

En la actualidad, se conoce un gran número de ellos, pertenecientes a gran variedad de clases químicas. Además de los mencionados anteriormente, están los antibióticos, productos misceláneos como hidroxilamina, ácido nitroso, acridinas, fenoles, formaldehído, peróxidos orgánicos, sales inorgánicas y cafeína (5, 7).

## MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en los predios de la Universidad de Nariño, Torobajo. Los tratamientos se realizaron en Septiembre, y las observaciones en dos épocas de cultivo: Septiembre a Febrero, la primera generación, y Abril a Septiem-

bre la segunda. Se empleó la variedad de trigo Tota 63, semilla cedida por el Programa de Trigo del CRI (Centro Regional de Investigaciones del ICA, Obonuco).

Para cumplir con el objetivo propuesto, se emplearon seis productos: cloruro de manganeso 5% ( $MnCl_2$ ), ácido fénico 1%, agua oxigenada 5%, peróxido de sodio 5% ( $H_2Na_2$ ), cafeína 1%, formaldehído 5%, con dos tiempos de inmersión para todos, 8 y 24 horas, además de un Testigo, inmersión en agua, dando lugar a 14 tratamientos. En cada caso se emplearon 180 semillas, las cuales se lavaron con abundante agua destilada después del tratamiento.

Para la segunda generación se emplearon solamente 11 tratamientos. Los dos con formaldehído y el de  $H_2Na_2$ , 24 horas, no se tuvieron en cuenta dado el efecto letal que presentaron en la primera generación.

Las observaciones en la primera generación fueron las siguientes: germinación (%), altura de plantas (cm), coloración de hojas y espigas. En la segunda generación se hizo una observación más detallada de caracteres de la espiga, así: tamaño (mm), número de espiguillas, número de granos por espiga y peso de granos por espiga (g). Las determinaciones se hicieron en 72 espigas, excepto para los tratamientos  $H_2Na_2$ , 8 horas y cafeína, 24 horas, en los cuales se obtuvieron 48 solamente.

Los valores de la primera generación, se colocan de manera informativa únicamente, ya que la siembra se hizo en el segundo semestre del año poco favorable para el cultivo. En la segunda generación se midieron los caracteres mencionados y se aplicó un diseño completamente aleatorizado, con 11 tratamientos y 72 o 48 observaciones.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Durante la realización de los tratamientos se observaron cambios, que obedecen a las reacciones entre las sustancias y la cutícula del grano, inicialmente y luego con el contenido de endospermo.

Los mayores cambios se observaron con  $H_2Na_2$ , presentándose un hinchamiento excesivo, lo que causó un rompimiento de la cutícula y destrucción de la semilla en el tratamiento más largo, lo cual se tradujo en un bajo porcentaje de germinación. También se observó daño de tipo fisiológico con ácido fénico, en el cual hubo también un bajo nivel de germinación. El formaldehído produjo una destrucción total de las semillas. En los demás tratamientos el daño es muy pequeño o nulo. A este respecto, se puede decir que Gaul (4), que los efectos de los agentes químicos dependen de la dosis, que a su vez está influenciada por la concentración, la duración del tratamiento y la temperatura. En consecuencia, se puede concluir que en el caso del  $H_2Na_2$  la concentración fue muy alta, lo mismo que el formaldehído. En el caso del ácido fénico, el factor que incide es la duración del tratamiento.

En el Cuadro 1, además del % de germinación, se encuentran observaciones generales realizadas en la primera generación. Se puede ver que los diferentes tratamientos muestran cambios, cuya naturaleza exacta solo se puede definir a partir de la tercera generación, especialmente si son micromutaciones, como explica Sigbjornsson (7).

En la primera generación (Cuadro 1), se puede observar disminución en la medida de los caracteres con respecto al control, excepción hecha del porcentaje de germinación con  $H_2Na_2$  y altura con  $MnCl_2$ . Estos resultados están en línea con las afirmaciones de Gaul (4), quien menciona que los cambios en la primera generación,  $M_1$ , pueden medirse cuantitativamente por la emergencia bajo condiciones de campo, la altura de plántulas, el número de espigas por planta, las cuales en general muestran disminución con respecto al Testigo o grupo control.

En la segunda generación,  $M_2$ , se hicieron observaciones de 4 caracteres de la espiga únicamente, cuyos promedios y significación aparecen en el Cuadro 2.

Allí también se observa que los tratamientos de 24 horas producen valores mayores que los correspondientes a 8 horas,

con excepción del  $MnCl_2$ . Esto sugiere que como agentes productores de cambio, son mejores los de 24 horas, aunque la dosis empleada no es la óptima, por consiguiente, es necesario cambiar la concentración, ya que como lo menciona Gaul (4), los efectos dependen de la dosis y ésta a su vez está influenciada por la concentración, la duración del tratamiento y la temperatura.

En el Cuadro 3, se encuentran los resultados del análisis de variancia para los cuatro caracteres mencionados. De allí se puede deducir que hay diferencias significativas al nivel del 1%, lo cual indica que los tratamientos afectaron la acción y la manifestación de los caracteres estudiados.

Una vez más es claro que los tratamientos de 24 horas son los que mejores resultados producen, ya que en general muestran los promedios más altos y no muestran diferencias significativas entre ellos. Las comparaciones realizadas, a través de promedios y variancias, es el método más viable cuando se trata de caracteres cuantitativos, como lo indica Scossiroli (6).

En general hay un aumento en los caracteres, como puede verse en el Cuadro 2, lo cual es normal en generaciones siguientes al tratamiento mutagénico, especialmente en plantas autóгамas. Este tipo de resultado se ha observado después de irradiar semillas y se cree que es debido a un aumento en el componente genético, por mutaciones que afectan a los factores que influyen en los caracteres cuantitativos (6). Esto es importante desde el punto de vista del mejoramiento, ya que un aumento en variación significa mayor posibilidad de respuestas favorables a la selección; tal sería el caso del ácido fénico.

En lo que respecta a rendimientos, Aastveit (1) menciona que son más frecuentes las variaciones negativas, aunque se pueden presentar casos de mutantes positivos, lo cual también se ha encontrado en el presente trabajo, como es el caso de la cafeína, 24 horas, en el número de espiguillas. En este ejemplo, los tratamientos muestran valores superiores al Testigo, aunque las diferencias no sean significativas.

Una vez producidos los mutantes, es necesario seleccionar los genotipos útiles y hacer pruebas comparativas para demostrar la superioridad, pruebas que deben hacerse a partir de la tercera generación y aún de la sexta.

### CONCLUSIONES

De los productos empleados, el que mejores resultados mostró fue el ácido fólico, en inmersión de 24 horas, ya que dió un peso de granos por espiga, superior al Testigo.

El peróxido de sodio, en los dos tiempos de inmersión produjo un alto grado de daño fisiológico, por lo cual sería conveniente probar concentraciones más bajas; lo mismo se aplica para el formaldehído, cuya concentración resultó muy alta.

Respecto a los demás tratamientos, el daño fisiológico y los cambios mutacionales son mínimos, anotándose que en la ma-

yoría de los casos hay una disminución con respecto al Testigo, con las excepciones anotadas anteriormente.

De acuerdo con la variación observada, se puede decir que con los tratamientos empleados se aumentó la variabilidad, lo cual se puede traducir en un proceso de selección más efectivo, lo cual es el objetivo del mejoramiento.

Sería recomendable complementar este trabajo con estudios citológicos, para saber cuál es el efecto de cada uno de los productos empleados, a nivel del cariotipo.

También sería deseable encontrar caracteres morfológicos que sirvan como marcadores para poder hacer selección indirecta de caracteres relacionados con rendimiento.

### LITERATURA CITADA

1. AASTVEIT, K. Crop plants characteres to be improved by mutation breeding : yielding ability. In : Manual on mutation breeding. Viena, IAEA, 1970. 149-152 pp.
2. AUERBACH, C. The chemical production of mutations. Science 158 : 1141-1147. 1967.
3. BROCK, R.D. When to use mutations in plant breeding. In : Manual on mutation breeding. Viena, IAEA, 1970. 183-190 pp.
4. GAUL, H. Plant injury and lethality. In : Manual on mutation breeding. Viena, IAEA, 1970. 85-90 pp.
5. KONZAK, C.F., et al. Efficient chemical mutagenesis. In : IAEA-FAO Meeting. The use of induced mutations in plant breeding. Roma, Pergamon Press, Oxford. 1965 49-70 pp.
6. SCOSSIROLI, R.E. Mutations in characters with continous variation. In : Manual on mutation breeding. Viena, IAEA, 1970. 117-124 pp.
7. SIGURBJORNSSON, B. Mutations in plant breeding programs. In : Manual on mutation breeding. Viena, IAEA, 1970. 1-8 pp.
8. WILLIAMS, W. Principios de Genética y mejora de plantas. Traducido del inglés por Horacio Marco Moll. Zaragoza, Acribia, 1965. 156-202 pp.

Cuadro 1. Características generales de las plantas en los diferentes tratamientos, en la primera generación

| Tratamiento          |          | Germinación<br>% | Caracteres   |                 | Granos/<br>espiga |
|----------------------|----------|------------------|--------------|-----------------|-------------------|
|                      |          |                  | Altura<br>cm | Macollas<br>No. |                   |
| Cloruro de manganeso | 8 horas  | 87,2             | 57           | 3               | 20                |
|                      | 24 horas | 75,6             | 66           | 3               | 16                |
| Acido fénico         | 8 horas  | 2,2              | 47           | 2               | 19                |
|                      | 24 horas | 2,2              | 51           | 2               | 24                |
| Agua oxigenada       | 8 horas  | 87,7             | 47           | 4               | 16                |
|                      | 24 horas | 46,7             | 54           | 3               | 23                |
| Peróxido de Na       | 8 horas  | 7,8              | 54           | 1               | 13                |
|                      | 24 horas | 0,0              | 0            | 0               | 0                 |
| Cafeína              | 8 horas  | 73,3             | 57           | 3               | 21                |
|                      | 24 horas | 43,9             | 57           | 3               | 24                |
| Agua                 | 8 horas  | 85,6             | 62           | 4               | 24                |
|                      | 24 horas | 84,4             | 62           | 4               | 28                |

Cuadro 2. Promedios de cuatro caracteres de la espiga (segunda generación)

| Tratamiento * | Productos            | Tamaño espiga<br>mm | Espiguillas<br>No. | Granos/espiga | Peso granos/<br>espiga, g |
|---------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------------|---------------------------|
| 1             | Cloruro de manganeso | 56,59 bcd**         | 11,86 c            | 21,22 cd      | 0,675 bcd                 |
| 2             | Acido fénico         | 54,58 d             | 11,68 cd           | 18,36 de      | 0,576 de                  |
| 3             | Agua oxigenada       | 52,06 e             | 11,05 de           | 16,83 e       | 0,531 de                  |
| 4             | Peróxido de sodio    | 52,02 e             | 10,25 e            | 14,27 f       | 0,452 e                   |
| 5             | Cafeína              | 56,25 cd            | 12,26 fe           | 20,93 ed      | 0,662 fed                 |
| 6             | Agua                 | 58,02 abc           | 12,66 ab           | 22,54 bc      | 0,797 ab                  |
| 7             | Cloruro de manganeso | 54,37 de            | 11,63 cd           | 16,97 e       | 0,628 cd                  |
| 8             | Acido fénico         | 58,97 ab            | 13,11 a            | 25,23 ab      | 0,899 a                   |
| 9             | Agua oxigenada       | 57,68 abc           | 12,68 a            | 24,52 ab      | 0,802 ab                  |
| 10            | Cafeína              | 59,68 a             | 13,14 a            | 23,70 abc     | 0,793 abc                 |
| 11            | Agua                 | 60,01 a             | 13,04 a            | 26,84 a       | 0,896a                    |

\* : tratamientos 1 a 6 corresponden a 8 horas de inmersión y 7 a 11, 24 horas

\*\* : promedios en la misma columna con letras diferentes son significativas al 5%, prueba de Tukey.

Cuadro 3. Análisis de variancia para cuatro caracteres de la espiga

| F. V.        | G. L. | Tamaño espiga | Cuadrado medio     |                |                     |
|--------------|-------|---------------|--------------------|----------------|---------------------|
|              |       |               | Espiguilla/ espiga | Granos/ espiga | Peso granos/ espiga |
| Tratamientos | 10    | 550,33**      | 56,09**            | 1.030,45**     | 1,41**              |
| Residuo      | 733   | 20,49         | 2,21               | 30,50          | 0,08                |

\*\* : significación al 1%