CIAT
66066
COLECCION HISTORICA

INFLUENCIA DEL MEDIO AMBIENTE EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL MAIZ 1/

C.A. Francis 2/

En una serie de dos conferencias se presentarán algunos aspectos relacionados con la influencia del medio ambiente en el crecimiento, desarrollo y producción de maíz. Este tópico tiene importancia en la decisión del agricultor, sobre el cultivo que va a sembrar, la fecha de siembra y las prácticas culturales que va a utilizar. También determina el rendimiento final del cultivo la integración de todos estos factores y su interacción con el genotipo. Sabemos que hay muchos factores que no pueden ser controlados por el agricultor - por ejemplo: luz, temperatura, a veces humedad - pero se puede cambiar el genotipo o las prácticas culturales para utilizar en forma más eficiente los niveles de los factores disponibles en el campo.

En la conferencia se tratarán de presentar algunos aspectos de la influencia de los factores ambientales en el ciclo de la planta. Entre estos factores están luz-intensidad y duración, temperatura, CO_2, humedad y nutrición. Con cada factor se incluye alguna información básica y general y después se tratan los aspectos más recientes de las investigaciones actuales en maíz.

I. Luz - Intensidad y Duración

Hay que dividir los efectos de luz en dos aspectos: la intensidad de la energía solar y la duración del día o fotoperiodismo. Respecto a la intensidad de luz, se puede generalizar sobre dos tipos de plantas:

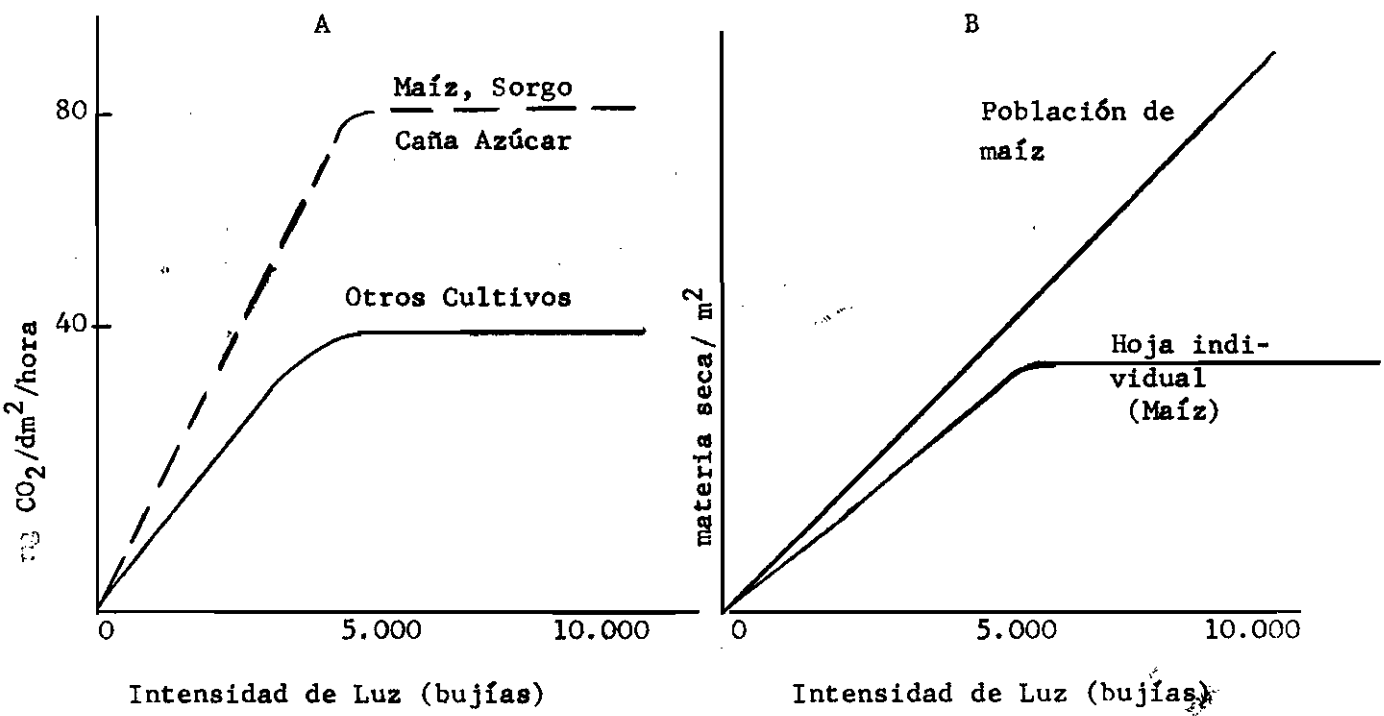
1/ Tópico presentado en las conferencias de los becarios del CIAT, Nov. 25, 1971.

2/ Coordinador, Sistemas de Producción de Maíz, CIAT, Apdo. aéreo No.6713, Cali, Colombia.

CIAT
BIBLIOTECA 019505
16 MAYO 1995

eficientes y no-eficientes. También se puede distinguir entre hojas individuales y plantas completas o poblaciones del cultivo. En la Figura No.1 se encuentran las diferencias, en forma general, entre estas plantas y las varias hojas de la planta.

FIGURA 1. Fotosíntesis en maíz y en otros cultivos, con la influencia de intensidad de la luz.



En la Figura 1A, se ve la diferencia máxima de fotosíntesis entre maíz, sorgo y caña y las demás especies. La diferencia más notable entre los grupos es en el ciclo Krebs: el maíz tiene una conversión por ruta de compuestos de Carbon-4, que parece más eficiente que la conversión por ruta Carbón-3. En la Figura 1B se nota el punto de saturación en hojas y después en poblaciones - la hoja individual se encuentra saturada de luz a una intensidad de aproximadamente 4.500 bujías, mientras que la fotosíntesis de la población sigue creciendo hasta lograr la intensidad máxima que se encuentra en el campo a mediodía, es decir, 10.000 bujías.

En otras palabras, una planta tan eficiente como el maíz puede captar toda la energía disponible durante el proceso de fotosíntesis y con-

vertirla en materia seca. Durante el día, este proceso de fotosíntesis sigue la curva de intensidad de luz y alcanza su punto máximo a mediodía; éste se reduce por las nubes, y en invierno, si los días son más cortos. En verano, se prolonga el día con respecto a la energía total recibida por la planta. En el trópico, no hay casi variabilidad en la energía potencial, pero el nivel de energía puede fluctuar, según las nubes, entre 150 y 450 gramos calorías /cm^2/día. Fuera del trópico, esta energía potencial varía, según la época del año, entre 250 y 600 gramos calorías/cm^2 /día. Claro que varía también, de acuerdo con el tiempo, la lluvia, etc. Entonces, en un cultivo como maíz, el nivel de fotosíntesis potencial está sujeto a las mismas limitaciones de energía total.

No se puede variar la luz del sol en su intensidad ni duración. Las únicas maneras de aumentar producción con respecto a la luz disponible, son las siguientes:

1) utilizar eficientemente la luz actual, o
2) cambiar la fecha de siembra para aprovechar las condiciones óptimas en una época del año .

Para utilizar más eficientemente la luz algunos mejoradores y fisiólogos recomiendan un cambio hacia hojas más erectas (Pendleton et al., 1968). El fín de este cambio en la arquitectura de la planta es el de orientar más hojas, con relación al sol, de tal manera que cada hoja reciba menos que 10.000 bujías, pero que más hojas reciban la luz a un nivel intermedio de intensidad. Es decir, colocar y orientar las hojas de tal forma que más energía logre pasar por encima hacia las hojas medianas y bajas de la planta. Todavía no se ha logrado coincidir en el valor absoluto de este tipo de selección.

La posibilidad de cambiar la fecha de siembra con respecto a la energía disponible usualmente presenta problemas con otros factores del am-

biente, como temperatura o humedad. Sin embargo, una recomendación aquí en el valle, por ejemplo, sería sembrar maíz principalmente en el verano. En esa época hay más energía solar, debido a la escasez de nubes y a días un poco más calientes. Se puede pensar en una fecha de siembra anticipada, con lo cual el maíz alcanzaría su etapa de producción del grano en la época de mayor intensidad de luz. En los climas templados, la misma sugerencia podría servir, es decir, sembrar maíz más temprano en la primavera, para tenerlo en época de producción y madurez cuando los días son más largos y hay más energía total. Tampoco es muy factible esta recomendación por el problema del frío y dificultades de germinación y crecimiento en un ambiente que no es óptimo para el desarrollo del maíz.

El largo del día, o fotoperíodo, también influye en el desarrollo del maíz. En este caso, el efecto no es la velocidad de crecimiento ni el nivel de fotosíntesis, sino el ciclo de diferenciación y floración de la planta. El maíz, como planta de día corto, se prolonga en su ciclo vegetativo por los días largos. Hasta ahora, hay unos híbridos y variedades muy insensibles al largo del día, es decir, no varían en su tiempo de floración y madurez con varios cambios de fotoperíodo (si la temperatura se mantiene igual). Es factible sembrar un maíz sensible en la época de días más cortos para reducir el semestre del cultivo, impulsando al máximo la producción de grano por día. Lo más indicado es seguir con el desarrollo de plantas insensibles al fotoperíodo, las cuales se pueden sembrar en cualquier época del año. Estudios recientes sobre fotoperiodismo se han publicado en Crop Science y Agronomy Journal (Francis *et al.*, 1969; Francis, 1970; Francis *et al.*, 1970).

II. Temperatura

La temperatura tiene sus efectos principalmente en la velocidad de crecimiento de la planta. Sin embargo, hay que considerar también los extremos de temperatura y sus efectos en el desarrollo del maíz. Se considera

que la temperatura óptima tiene un rango amplio para el maíz, pero en general un promedio ideal de temperatura diurna sería de 20 a 25°C, y nocturna de 15 a 18°C. Este rango de temperatura diurna no se aproxima al ideal para el proceso de fotosíntesis, por ejemplo - la fotosíntesis tiene una temperatura óptima de más o menos 30-31°C. Ni la temperatura nocturna es tan baja como la temperatura óptima para reducir la respiración al máximo. Las temperaturas promedias representan, en cambio, una balanza entre los niveles óptimos para fotosíntesis y respiración y una velocidad mediana de crecimiento que también influye mucho en la producción.

El efecto de la temperatura en el crecimiento puede ser más importante que el mismo efecto en la fotosíntesis, respiración o translocación. Se tienen noticias de México (Dr. Elmer Johnson) que los rendimiento potenciales en la costa son de 5-6 Ton/Ha.; en la zona media (1000-150C mts) son de 10 Ton/Ha.; y en la Sierra (más de 2.000 mts) de 15 Ton/Ha. Según su experiencia en mejoramiento y producción de maíz, concluye que las altas temperaturas de la costa impulsan mucho al maíz, y el cultivo no tiene tiempo de producir su rendimiento potencial del grano. Otro ejemplo del Perú - se siembra maíz en la costa, cerca a Lima, en invierno y en verano. El tiempo de floración en invierno es de un mes más que en verano. La época de floración a la madurez fisiológica es casi el doble en invierno (45 días vs. 25 días). El rendimiento de forraje y altura de planta es casi igual, así como la energía total durante la época de producción del grano y la acumulación de unidades de calor. La diferencia entre los dos semestres es que esta energía es recibida por la planta en una época concentrada en el verano, y en una época prolongada en el invierno. El rendimiento del grano en invierno es de 8 Ton/Ha., y en el verano alcanza apenas a 4 Ton/Ha. De estos datos preliminares, se puede concluir en que hay ventaja en el

maíz que madura en forma más bien lenta, pero no hay datos concluyentes sobre esta reacción.

Los efectos de temperaturas extremas (heladas así como épocas de mucho calor), se expresan en forma más notable. Las heladas congelan las hojas del maíz y cuando sube la temperatura, hay un daño a los tejidos por los cristales de hielo dentro de la célula. Después se seca la hoja; con una helada intensa hay daño permanente y muerte. Los efectos de temperatura alta son más complicados, pero a veces se presentan en conjunto con la sequía. La velocidad de respiración, a veces se menciona como factor en los bajos rendimientos en el trópico - debido a la alta temperatura durante la noche. La temperatura también tiene interacción en los efectos de fotoperiodismo; actualmente nos parece más importante el efecto de temperatura en los trópicos.

III. CO_2

El efecto de suplementación de CO_2 en la velocidad de fotosíntesis depende también de la intensidad de luz. Con intensidades bajas de luz, no se espera una reacción notable a esa suplementación. En cambio, bajo intensidades altas como las que ocurren en el campo, se puede aumentar el proceso de fotosíntesis y la producción de materia seca con un aumento en la concentración de CO_2. Se usa este sistema en los invernaderos comerciales con algunas flores y hortalizas. En el campo, es posible que el aumento en la concentración de CO_2 en valles muy profundos, es un factor en el alto rendimiento en las vegas de los ríos.

No es factible aumentar artificialmente la concentración de CO_2 en el campo, pero esto existe como una posibilidad en el futuro.

IV. Humedad del Suelo

El uso de agua para el cultivo de maíz aumenta hasta la época de floración. Cuando la planta tiene ya su máxima superficie foliar, el consumo de agua se mantiene a un alto nivel, hasta 50 mm. por semana o más, duran-

te la etapa de crecimiento del grano. Después, la cantidad de agua necesaria para terminar el ciclo reproductivo y producir el rendimiento final se reduce hasta la época de la madurez fisiológica. Se calcula que una sequía fuerte en la cual se notan los efectos en las hojas durante dos días, en la época importante de crecimiento, puede reducir el rendimiento en un 20-25%; una sequía fuerte de una semana puede reducir el rendimiento hasta un 50% en la producción final del grano.

Es supremamente importante el control de la humedad en el suelo, en la producción de maíz. Con facilidades de riego, se puede controlar el nivel de humedad - y la frecuencia del riego dependerá completamente del tiempo, estado del cultivo y tipo de suelo. Es cierto que el control de la humedad es mucho más importante en el cultivo de maíz de lo que antes se ha pensado. Analizando los campos de los agricultores ganadores de premios en rendimientos de maíz con 15 a 20 Ton/Ha., siempre se encuentra un control tremendo de humedad. Muchos de estos campos se encuentran en las vegas al lado de un rio, y en algunos casos las raíces más bajas siempre se mantienen bajo agua. Posiblemente no hemos dedicado sufientes esfuerzos a esta rama de la agronomía, con el fín de entender mejor las necesidades del cultivo de maíz, con respecto a humedad.

V. Nutrición

Como se mencionó en conferencias anteriores, el uso de los varios elementos nutritivos se mantiene parejo con la curva de crecimiento de la planta. Se usa el potasio un poco antes del nitrógeno y la cantidad de fósforo es un poco menor y posteriormente a los otros dos elementos. En todo caso, es relativamente fácil controlar los niveles de estos elementos, utilizando los abonos suplementarios con el cultivo. El suelo y su materia orgánica influyen en los niveles disponibles de cada elemento y determinan la cantidad necesaria de aplicaciones complementarias. Sin embargo, la función más importante del suelo es servir como medio para

las raíces, y se puede modificar hasta cierto punto la nutrición mineral de la planta en este medio. Existen diferencias genéticas entre varias líneas y variedades de maíz, con relación a su habilidad para utilizar niveles sub-óptimos de varios elementos y micro-elementos. En todo caso, estas condiciones son relativamente controlables y no influyen tánto en el potencial de producción del cultivo de maíz.

VI. Resumen

De los pocos datos presentados se puede concluir que no hay ningún factor en el ambiente que predomine en su importancia al cultivo. El rendimiento final del grano es el producto de un genotipo de maíz y su comportamiento (o interacción) con los factores ambientales actuales en el campo. Hay varios factores, los cuales no se pueden cambiar, como son la temperatura, fotoperíodo, intensidad de luz, etc. La única manera de aumentar la producción es entendiendo estos factores y utilizando la energía del ambiente en la forma más eficiente posible, modificando el genotipo de maíz para aprovechar al máximo los elementos disponibles. Sabemos que el proceso de fotosíntesis alcanza del 2 al 4% de eficiencia en la conversión de energíasolar hacia grano en la cosecha - si podemos aprovechar por lo menos este nivel de producción estaremos cosechando 20 toneladas de grano/hectárea. Este es el límite actual y debemos tratar de buscar una planta más eficiente y un sistema de cultivarla, para cosechar lo que permita la potencialidad del ambiente.

Referencias

1. Aldrich, S.R. and E. R. Leng. 1965. Modern Corn Production. The Farm Quarterly, Cincinnati, Ohio.

2. Berger, J. 1962. Maize Production and the Manuring of Maize. Centre d'Etude de la'Azote, Geneva.

3. D'Croz, N. y C.A. Francis. 1971. Efectos de Fotoperiodo y temperatura en el Desarrollo del Maíz. Conferencia presentada en la IV Conferencia de Maiceros de la Zona Andina, Palmira. Noviembre 3, 1971.

4. Francis, C.A. 1970. Effective Day Lengths for Photoperiod Sensitive Reactions in Plants. Agron. J. 62: 790-792.

5. Francis, C.A. 1971. Fotosíntesis en Maíz. Seminario presentado en el ICA, Palmira. Agosto 17, 1971.

6. Francis, C.A. y H. Gómez. 1970. Fisiología y Eficiencia del Maíz. Conferencia presentada en la Reunión Anual de Maiceros, Valledupar, Enero 20-22, 1970.

7. Francis, C.A., C.O. Grogan, and D.W. Sperling. 1969. Identification of Photoperiod Insensitive Strains of Maize (Zea mays L.). Crop Sci. 9:675-677.

8. Francis, C.A., D. Sarria V., D.D. Harpstead, and C. Cassalett D. 1970. Identification of Photoperiod Insensitive Strains of Maize (Zea mays L.) II. Field Tests in the Tropics with Artificial Lights. Crop Sci. 10:465-468.

9. Leopold, A.C. 1964. Plant Growth and Development. McGraw-Hill Book Company, New York.

10. Pendleton, J.W., G.E. Smith, S.R. Winter, and T.J. Johnston. 1968. Field Investigations of the Relationships of Leaf Angle in Corn (Zea mays L.) to grain yield and apparent photosynthesis. Agron. J. 60: 422-424.

11. Sprague, G.F. 1955. Corn and Corn Improvement. Academic Press Inc., New York.