

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS

DIRECCION GENERAL DE DISTRITOS DE RIEGO

DIRECCION DE ESTADISTICA Y ESTUDIOS ECONOMICOS

LA HUMEDAD DEL SUELO EN LA PRIMERA PARTE DEL CICLO EN RELACION AL RENDIMIENTO DEL MAIZ



MEMORANDUM TECNICO NUM. 184

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

México, D. F., a 10. de Abril de 1962.

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS

DIRECCION GENERAL DE DISTRITOS DE RIEGO
DIRECCION DE ESTADISTICA Y ESTUDIOS ECONOMICOS

LA HUMEDAD DEL SUELO EN LA PRIMERA PARTE DEL
CICLO EN RELACION AL RENDIMIENTO DEL MAIZ



MEMORANDUM TECNICO NUM. 184

México, D. F., a 10. de Abril de 1962.

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS
DIRECCION GENERAL DE DISTRITOS DE RIEGO
DIRECCION DE ESTADISTICA Y ESTUDIOS ECONOMICOS

MEMORANDUM TECNICO N° 184

LA HUMEDAD DEL SUELO EN LA PRIMERA PARTE DEL CICLO EN
RELACION AL RENDIMIENTO DEL MAIZ

POR

RAFAEL HERNANDEZ S Y R. J. LAIRD

Para este Memorandum se reprodujo con la debida autorización el trabajo publicado en el Folleto Técnico N° 33 de la Oficina de Estudios Especiales de la Secretaría de Agricultura y Ganadería de México, en Octubre de 1958.

Estas publicaciones se distribuyen gratuitamente y están destinadas a los técnicos que trabajan en la Dirección General de Distritos de Riego.

MEXICO, D. F., a 1º de Abril de 1962

LA HUMEDAD DEL SUELO EN LA PRIMERA PARTE DEL CICLO EN RELACION AL RENDIMIENTO DEL MAIZ

En la región del Bajío, que comprende parte de los Estados de Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Querétaro y Aguascalientes, las siembras de maíz de riego se llevan a cabo desde fines de febrero hasta mediados del mes de mayo, y reciben uno o más riegos antes de establecerse la temporada de lluvias. Este estudio se llevó a cabo en el Campo Agrícola Experimental "La Cal Grande", Guanajuato, con el fin de determinar la influencia de las condiciones de humedad del suelo establecidas durante la primera parte del ciclo de desarrollo, en maíz fertilizado con diferentes dosis de nitrógeno.

La influencia de diferentes condiciones de humedad del suelo en etapas específicas del desarrollo del maíz ha sido estudiada por varios investigadores; Miller y Duley (8) en un estudio de invernadero, dividieron el ciclo del maíz en 3 períodos iguales y midieron el efecto que tuvieron en la planta las deficiencias de humedad durante cada uno de esos períodos. Ellos concluyeron que el efecto de las deficiencias de humedad durante el primer tercio del ciclo sobre el desarrollo del maíz, fue de mínima importancia y el efecto de las deficiencias durante el último tercio, resultó de máxima importancia.

Cordner (2), en Oklahoma, investigó el efecto de riegos suplementarios durante diferentes épocas del ciclo sobre el rendimiento de maíz dulce. Encontró que 3 riegos antes del jiloteo en 1940 tuvieron poco efecto en el rendimiento de elotes, mientras que 4 riegos después del jiloteo incrementaron los rendimientos de elote desde 11.1 hasta 14.0 ton/ha.

Howe y Rhoades (6), en Nebraska, también investigaron las prácticas de riego para maíz, en relación con su estado de desarrollo. Ellos obtuvieron 7.4, 8.6 y 9.1 ton de grano por hectárea con la aplicación de 3 riegos distribuidos de tres maneras diferentes: (a) antes del espigamiento total, (b) bien espaciados a través del ciclo, y (c) dentro de un período de 17 días precisamente antes del jiloteo, respectivamente.

Estos estudios indican que el efecto de las deficiencias de humedad durante la primera parte del ciclo, sobre el rendimiento de maíz, tiene relativamente poca importancia.

DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

Localización, clima:

El experimento se llevó a cabo en el Campo Agrícola Experimental "La Cal Grande", Guanajuato, situado a unos 10 km de La Piedad, Michoacán, sobre la margen derecha del Río Lerma. Su situación geográfica corresponde a 101°56' de longitud Oeste de Greenwich y a 20°21' de latitud Norte; su altitud sobre el nivel del mar es de 1 650 m; la temperatura media es de 19°C y la precipitación anual de 937 mm; su clima ha sido clasificado como semiseco con invierno seco o semicálido sin invierno definido (1)

Características del suelo:

El suelo donde se hizo el estudio es de origen aluvial, más o menos plano y homogéneo hasta unos 90 cm, a partir de los cuales empiezan a aparecer concrecio

nes de carbonato de calcio. En el Cuadro 1 aparecen algunas propiedades de los horizontes 0-15 y 20-35 cm del suelo. La reacción del suelo fue ligeramente alcalina; el contenido de materia orgánica bajo; el de fósforo medio y los contenidos de potasio y calcio altos. Los valores de conductividad eléctrica determinados en extractos del suelo saturado indican que a una profundidad de 35 cm el contenido de sales solubles es bajo y no afecta al cultivo de maíz.

Las características de retención de humedad del suelo se determinaron en muestras correspondientes al horizonte 0-15 cm. La Fig. 1 muestra la curva de retención de humedad del suelo construida con los valores determinados en el laboratorio. La capacidad de campo determinada en muestras obtenidas 3 días después de regar dio un valor de 44.1%, y determinada en el laboratorio de acuerdo con el método de la probeta, un valor de 43.7%. El porcentaje de marchitamiento permanente determinado en invernadero con plantas de girasol, resultó de 24.8.

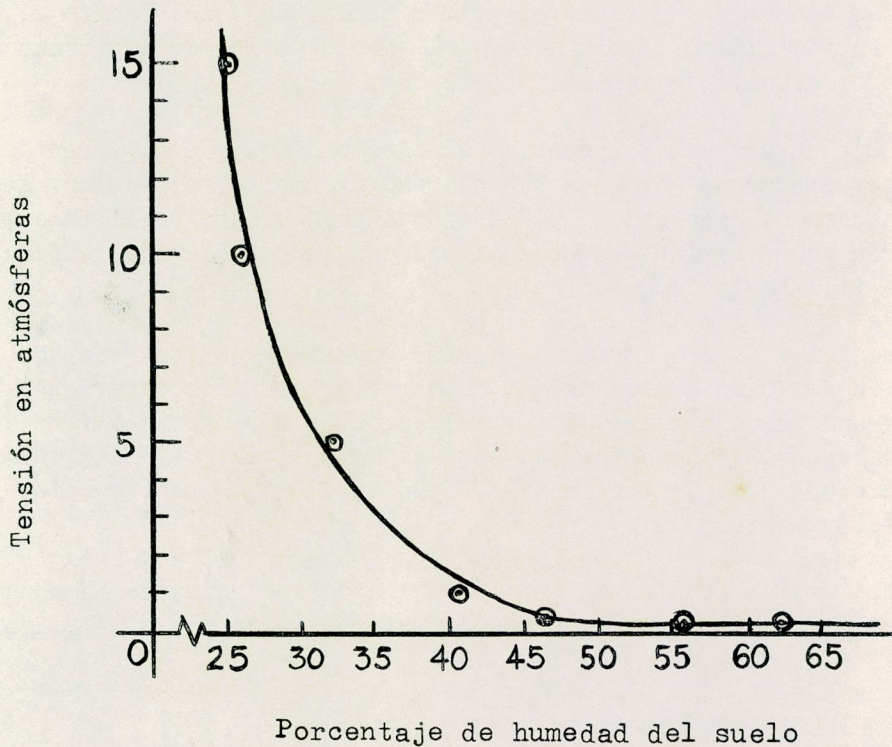


Fig. 1. Curva de retención de la humedad del suelo - (horizonte de 0-15 cm)

Las propiedades químicas, físicas y de retención de la humedad del suelo se determinaron siguiendo los métodos usados en el estudio reportado por Fernández y Laird (4).

Tratamientos y diseño:

En el experimento se incluyeron 4 variables de humedad del suelo y 4 tratamientos de nitrógeno. Al diseñar el experimento, se planeó que las variables de humedad del suelo consistieran en regar durante la primera parte del ciclo, cuan

do la humedad aprovechable del suelo se redujera hasta los siguientes valores: (A) 75%; (B) 50%; (C) 25% y (D) 0%. Las variables reales de humedad del suelo fueron diferentes de éstas y se presentan en el Cuadro 2. Los tratamientos de nitrógeno fueron: (a) 0, (b) 80, (c) 160 y (d) 240 kg/ha. Se hizo una aplicación general de 60 kg de pentóxido de fósforo (P_2O_5) por hectárea.

Se usó un diseño de parcelas divididas con 6 repeticiones, ocupando las parcelas principales las variables de humedad y las subparcelas los tratamientos de nitrógeno. Cada parcela principal se constituyó de 8 surcos con una longitud de 23.5 m y cada subparcela de 4 surcos con una longitud de 11 m. Cada extremo de las parcelas principales estuvo distante 5 m del centro del canal contiguo.

CUADRO I. ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO

PROPIEDADES QUIMICAS:	Profundidad comprendida en cm	
	0-15	20-35
pH (Reacción)	7.1	7.3
Materia orgánica en %	0.64	0.70
Fósforo en Kg/ha	8.0	2.0
Potasio en kg/ha	500	400
Calcio en kg/ha	7000	7600
Nitrógeno total en %	0.075	0.064
PROPIEDADES FISICAS		
Conductividad eléctrica en mmhos/cm a 25° C	2.15	3.19
Arena en %	18	18
Limo en %	20	17
Arcilla en %	62	65
Color del suelo húmedo - Gris obscuro		
Color del suelo seco - Gris		

Trabajos de campo y observaciones:

El terreno se preparó mediante un barbecho, dos pasos de rastra y dos de niveladora. Al tiempo de fertilizar sólo se aplicó una cuarta parte del nitrógeno y todo el fósforo en el fondo del surco. El 14 de marzo se hizo la siembra. El maíz utilizado fue el H-353.

El 15 de marzo se aplicó al lote un riego ligero de germinación por medio de sifones, suspendiendo la entrada del agua cuando se empezaba a humedecer el otro extremo del surco. El 22 de marzo se aplicó el segundo riego de germinación que humedeció muy bien la costra de suelo formada después del primero, favoreciendo así la emergencia de las plántulas.

A partir de este segundo riego se empezaron a determinar los contenidos de humedad del suelo que fueron anotados en un registro, con el fin de determinar

previamente las fechas de aplicación de riegos en los diferentes tratamientos de humedad. La capacidad de campo, 43.9% (valor medio de las determinaciones en el campo y en el laboratorio), menos el porcentaje de marchitamiento permanente, 24.8, es el porcentaje de humedad aprovechable, 19.1. Para realizar las variables de humedad tal como fueron planeadas, se hizo necesario regar cuando el porcentaje de humedad del suelo en el horizonte más seco, donde se desarrollaba el mayor porcentaje de raíces, se reducía a: (A) 39.1, (B) 34.3, (C) 29.6 y (D) 24.8. Al principio fue el horizonte 5-15 cm y después el 5-30 cm, los muestreados para determinar las fechas de aplicación de riegos. Se muestreó inmediatamente antes de aplicar riego, 4 días después de aplicarlo y en una o más fechas intermedias a las de esos muestreos.

Desde un principio se muestrearon 3 de las 6 repeticiones siguiendo la técnica mencionada en el trabajo reportado por Fernández y Laird (4). Cada tratamiento de humedad se muestreó individualmente en 8 lugares de cada parcela, correspondiendo 2 lugares a cada subparcela. Estos fueron localizados más o menos a los 3.5 m de cada extremo, lo más cerca posible de una planta de maíz sin causarle daño.

La lluvia empezó el 12 de mayo, haciendo imposible llevar a cabo las variables de humedad como se había planeado. En el Cuadro 2, además de las variables reales de la humedad del suelo, se presentan los valores de la precipitación ocurrida durante el ciclo del maíz.

El 24 de abril se aplicó el tercer riego al tratamiento D, cuando la humedad aprovechable del suelo en los horizontes 5-15 y 5-30 cm era de 6 y 24% respectivamente. Las plantas de esa variable de humedad que medían aproximadamente de 65 a 90 cm empezaron a manifestar síntomas de marchitamiento a partir del 19 de abril, durante las horas más calientes del día. A las 9 de la mañana del 24 de abril, las plantas mostraban síntomas avanzados de marchitamiento, tales como: coloración azul grisácea y enrollamiento pronunciado de las hojas.

El 1º de mayo se aplicó el cuarto riego al tratamiento C, cuando la humedad aprovechable del suelo en los horizontes 5-15 y 5-30 cm era de 26 y 44%, respectivamente. Las plantas tenían una altura aproximada de 75 y 100 cm y en algunas se observaban síntomas de marchitamiento con hojas enrolladas y de un aspecto grisáceo en las inferiores.

En el experimento se presentó una infestación de trips que se controló satisfactoriamente. Las malas hierbas se combatieron periódicamente, manteniendo limpio el cultivo durante el ciclo. El 19 de abril se hizo la segunda aplicación de nitrógeno en doble faja a lo largo de los surcos. El 27 de abril se aclaró el maíz dejando una población de 60,000 plantas por hectárea.

El 15 de mayo se presentó un fuerte granizo que destruyó casi por completo las hojas de las plantas. En la mayoría de los casos sólo quedaron las nervaduras centrales con pequeños pedazos de hojas de las partes más cercanas al tallo. El Cuadro 3 muestra el número medio de hojas destruidas por el granizo de los diferentes tratamientos de humedad y nitrógeno.

Se observó un ataque de carbón (*Ustilago zaeae*) más o menos intenso, al final del ciclo. La cosecha de los dos surcos centrales de cada subparcela se llevó a cabo el 15 de septiembre. Se hizo un cómputo de plantas y matas, así como -

CUADRO 2. PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE DEL HORIZONTE MAS SECO DEL SUELO EN EL MOMENTO DE REGAR LAS PARCELAS DE CADA VARIABLE DE HUMEDAD Y LAMINAS DE LLUVIAS PRESENTADAS DURANTE EL CICLO VEGETATIVO DEL MAIZ

	Porcentaje de humedad aprovechable en el momento de regar			
	A	B	C	D
2 de abril	82 (77)#			
6 de abril		73 (66)#		
12 de abril	76 (72)#			
13 de abril			52 (35)#	
20 de abril	84 (80)#	73 (61)#		
24 de abril				23 (6)#
29 de abril	79			
1º de mayo			44 (26)#	
4 de mayo		62		
8 de mayo	68			
25 de mayo	84			
6 de junio	79			
8 de junio			55	46
9 de junio		56		
15 de junio	63			

Precipitación

Fecha	Lámina (mm)	Fecha	Lámina (mm)	Fecha	Lámina (mm)	Fecha	Lámina (mm)	Fecha	Lámina (mm)
21 de abril	3.0	20 de jun.	10.5	5 de jul.	11.9	24 de jul.	28.5	21 de ago.	6.4
23 de abril	4.0	21 de jun.	9.3	8 de jul.	3.0	27 de jul.	6.6	23 de ago.	27.9
12 de mayo	11.0	22 de jun.	7.6	9 de jul.	15.0	28 de jul.	8.9	24 de ago.	10.7
14 de mayo	12.5	24 de jun.	19.3	11 de jul.	17.3	30 de jul.	12.9	26 de ago.	10.2
15 de mayo	76.0†	25 de jun.	7.1	12 de jul.	9.1	1º de ago.	5.0	27 de ago.	28.4
23 de mayo	15.0	26 de jun.	3.0	14 de jul.	59.6	3 de ago.	31.8	28 de ago.	15.7
28 de mayo	23.3	27 de jun.	5.8	15 de jul.	8.0	7 de ago.	5.1	5 de sep.	10.1
30 de mayo	7.6	30 de jun.	6.6	16 de jul.	31.4	16 de ago.	8.6	6 de sep.	7.6
17 de jun.	10.0	1º de jul.	7.1	17 de jul.	5.9	17 de ago.	7.6	14 de sep.	15.7
18 de jun.	10.0	2 de jul.	8.9	20 de jul.	3.3	18 de ago.	5.5		
19 de jun.	28.0	3 de jul.	3.6	22 de jul.	26.6	19 de ago.	4.8		

Los valores entre paréntesis corresponden al horizonte 5-15 cm. los valores restantes al horizonte 5-30 cm.

† Lluvia con granizo.

de plantas atacadas por carbón. Los rendimientos de maíz en marzorca se corrigieron por matas faltantes (7). Se determinaron los porcentajes de humedad y de grano y se convirtieron los rendimientos a maíz en grano con 15.5% de humedad.

CUADRO 3. NUMERO MEDIO DE HOJAS POR PLANTA, DESTRUIDAS POR EL GRANIZO EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS DE HUMEDAD Y NITROGENO.

HUMEDAD	NITROGENO	a	b	c	d	Prom.
A		6.0	7.8	8.1	8.2	7.5
B		6.5	8.1	7.8	8.4	7.7
C		6.4	7.7	7.8	7.9	7.5
D		6.3	7.3	7.5	7.6	7.2
Prom.		6.2	7.7	7.8	8.0	

RESULTADOS Y DISCUSION

Influencia de la humedad del suelo en la primera parte del ciclo vegetativo del maíz

En el Cuadro 4 se informan los rendimientos de grano con diferentes tratamientos de humedad y nitrógeno. El tratamiento de humedad A con una aplicación de 80 kg de nitrógeno y posiblemente también con 160 kg de nitrógeno por hectárea, resultó menos favorable para la obtención de altos rendimientos que los tratamientos B, C y D. Los rendimientos de grano debidos al tratamiento A con 80 y 160 Kg de nitrógeno por hectárea fueron 2.69 y 5.75 ton/ha, respectivamente, mientras los rendimientos medios de los tratamientos B, C y D fueron de 3.70 y 6.38 ton/ha con las mismas aplicaciones de nitrógeno.

CUADRO 4. RENDIMIENTO DE GRANO EN TON/HA CON DIFERENTES TRATAMIENTOS DE HUMEDAD Y NITROGENO.

HUMEDAD	NITROGENO	a	b	c	d	Prom.
A		0.65	2.69	5.75	7.15	4.06
B		0.68	3.55	6.20	7.58	4.50
C		1.14	3.52	6.67	7.25	4.64
D		0.98	4.02	6.28	7.28	4.64
Prom.		0.87	3.44	6.23	7.31	

Diferencia mínima significativa al 0.05 de probabilidad:
 Entre 2 promedios de humedad. 0.32
 Entre 2 promedios de nitrógeno. 0.25
 Entre 2 promedios de nitrógeno
 y el mismo nivel de humedad 0.51
 Entre 2 promedios de humedad
 y el mismo nivel de nitrógeno 0.58

Los valores reportados en el Cuadro 5 indican que todas las variables de humedad del suelo, con aplicaciones de 0.80 y 160 kg de nitrógeno por hectárea, tuvieron igual efecto en el rendimiento de rastrojo. En cambio, con 240 kg de nitrógeno por hectárea, hubo un efecto diferencial a favor del tratamiento A. Bajo condiciones del tratamiento A, el rendimiento de rastrojo se incrementó desde 3.62 hasta 10.39 ton/ha con una aplicación de 240 kg de nitrógeno por hectárea; en cambio el rendimiento medio con los tratamientos B, C y D sólo se incrementó desde 4.06 hasta 8.66 ton/ha con la misma aplicación de nitrógeno.

CUADRO 5. RENDIMIENTO DE RASTROJO SECO EN TON/HA CON DIFERENTES TRATAMIENTOS DE HUMEDAD Y NITROGENO

Nitrógeno		a	b	c	d
Humedad					
A		3.62	6.54	8.55	10.39
B		3.66	6.51	8.33	8.27
C		4.26	7.27	7.97	8.70
D		4.28	7.17	7.86	9.02
Prom.		3.96	6.88	8.18	9.09

Diferencia mínima significativa al 0.05 de probabilidad
 Entre 2 promedios de nitrógeno 0.52
 Entre 2 promedios de nitrógeno
 y el mismo nivel de humedad. 1.05
 Entre 2 promedios de humedad
 y el mismo nivel de nitrógeno. 1.11

Las alturas medias de las plantas correspondientes a 4 fechas distintas se presentan en el Cuadro 6, primero en relación a las variables de humedad y después en relación a los tratamientos de nitrógeno. Obsérvese que al principio las alturas de las plantas de los tratamientos A y B fueron mayores que la altura de las plantas del tratamiento C, y esta altura a su vez, superior a la del tratamiento D. Para el 14 de junio, prácticamente habían desaparecido las diferencias en altura de las plantas con las diferentes variables de humedad.

CUADRO 6. ALTURAS MEDIAS EN METROS DE PLANTAS CON DIFERENTES TRATAMIENTOS DE HUMEDAD Y NITROGENO EN 4 FECHAS DISTINTAS.

Humedad		A	B	C	D
Fecha					
7 de mayo		1.14	1.13	1.07	1.02
2 de junio		1.92	1.94	1.83	1.76
14 de junio		2.15	2.14	2.11	2.10
9 de julio		2.43	2.43	2.37	2.40
Nitrógeno		a	b	c	d
Fecha					
7 de mayo		0.89	1.15	1.15	1.17
2 de junio		1.43	1.92	2.03	2.07
14 de junio		1.57	2.22	2.35	2.36
9 de julio		2.00	2.27	2.69	2.67

Los porcentajes de proteínas del grano entero de maíz en los diferentes tratamientos del estudio se reportan en el Cuadro 7. Puede verse que el porcentaje más bajo de proteínas correspondió a la condición más húmeda (tratamiento A) y el mayor porcentaje al tratamiento C.

Los menores rendimientos de grano del tratamiento A con aplicaciones de 80 y 160 kg de nitrógeno por hectárea y la tendencia hacia contenidos de proteínas del grano entero más bajos en el mismo tratamiento probablemente fueron ocasionados por una excesiva humedad del suelo durante los períodos del 8 al 30 de mayo y del 15 al 25 de junio debida a los riegos el 8 de mayo y el 15 de junio y a la lluvia continua después de ellos. La condición más húmeda del suelo durante estos períodos probablemente provocó pérdidas de nitrógeno por lixiviación y condiciones de aireación del suelo desfavorables para la nutrición de las plantas.

La mayor producción de rastrojo obtenido en el tratamiento A con 240 kg de nitrógeno por hectárea, probablemente significa que la condición más húmeda en A fue favorable para el desarrollo vegetativo cuando el nitrógeno no fue factor limitante. Tal vez con la aplicación de 240 kg de nitrógeno por hectárea, las pérdidas de nitrógeno por lixiviación y la reducción de este elemento tomado por la planta debidas a la pobre aireación, no crearon condiciones en las cuales la concentración de nitrógeno dentro de la planta limitara el rendimiento. Por lo tanto, fue posible que el maíz altamente fertilizado tomara ventaja de la condición más favorable de humedad para el desarrollo vegetativo.

CUADRO 7. PORCENTAJE DE PROTEINAS OBTENIDO EN EL GRANO ENTERO CON DIFERENTES TRATAMIENTOS DE HUMEDAD Y NITROGENO.

Humedad	Nitrógeno					
A	7.30	6.97	8.14	9.04	7.86	
B	6.66	7.37	8.88	9.87	8.21	
C	7.91	7.97	9.49	11.87	9.31	
D	7.19	7.80	8.93	10.12	8.51	
Prom.	7.27	7.53	8.86	10.24		

Las diferencias en alturas de las plantas durante el estado inicial de crecimiento indican que permitiendo secar el suelo en la capa 5-15 cm a 35% de humedad aprovechable antes de regar, se redujo el desarrollo de la planta. En la parte posterior del ciclo del maíz, las alturas de las plantas fueron aproximadamente iguales en todos los tratamientos, lo cual significa que bajo condiciones favorables de humedad del suelo durante los últimos 2/3 del ciclo del maíz fue posible recuperar cualquier pérdida en desarrollo, producida por deficiencias de humedad temprana.

El porcentaje de proteínas en el tratamiento C probablemente fue mayor que en los tratamientos B y D; esto no tiene explicación aparente. Como las producciones de grano y rastrojo resultaron similares en los tres tratamientos, lógico es que se esperaran iguales porcentajes de proteínas o que éstos se incrementaran progresivamente desde el tratamiento más húmedo hasta el tratamiento más seco. Para que los rendimientos fueran iguales en los tres casos, los niveles dis-

ponibles de humedad y nitrógeno debieron ser igualmente favorables en todos los tratamientos o las deficiencias de nitrógeno en el tratamiento más húmedo debieron ser compensadas con deficiencias de humedad en los tratamientos más secos. Bajo la primera condición se hubiera obtenido grano con el mismo porcentaje de proteínas en todos los tratamientos y bajo la segunda, el grano de los tratamientos más secos hubiera resultado con más alto porcentaje de proteínas.

Estos resultados indican que si se deja secar un suelo (de bajo contenido de sales solubles en la profundidad 0-35 cm) hasta el porcentaje de marchitamiento permanente en el horizonte 5-15 cm 35 días después de la siembra (tratamiento D), no se reducen los rendimientos de grano. Esto quiere decir que durante la primera parte del ciclo del maíz las plantas pueden marchitarse por varios días sin afectar los rendimientos.

A medida que se aumentó la cantidad de nitrógeno aplicado, se fueron incrementando los rendimientos en proporción gradualmente decreciente. Los mayores incrementos por kilo de nitrógeno aplicado, se registraron con las aplicaciones de 80 y 160 kg de nitrógeno por hectárea. El rendimiento medio se aumentó de 0.87 hasta 7.31 ton/ha con una aplicación de 240 kg de nitrógeno por hectárea.

El rendimiento medio de rastrojo correspondiente a los tratamientos B, C y D, se aumentó de 4.06 hasta 8.66 ton/ha con 240 kg de nitrógeno por hectárea.

Las aplicaciones de nitrógeno provocaron una diferencia de alturas de las plantas observada a partir del 7 de mayo, entre el tratamiento con 0 kg de nitrógeno y los otros tratamientos. Desde el 2 de junio existía también diferencia entre los tratamientos con 80 y 160 kg de nitrógeno por hectárea. Durante el ciclo no hubo diferencia de alturas entre los tratamientos con 160 y 240 kg de nitrógeno por hectárea.

El contenido de proteínas se incrementó con 160 y 240 kg de nitrógeno por hectárea.

La fertilización con nitrógeno en relación con el ataque de carbón

En el Cuadro 8 se presentan los valores medios de los grados de ataque de carbón en los diferentes tratamientos de humedad y nitrógeno. Resultó significativamente mayor el ataque con aplicaciones de nitrógeno. Como se puede ver en los Cuadros 3 y 6, existían diferencias en número de hojas y altura de las plantas en el momento del granizo. Estas diferencias en desarrollo vegetativo determinaron un número diferencial de heridas causadas por el granizo y a su vez una probabilidad diferente de infestación de carbón.

Efecto del daño del granizo sobre el rendimiento

El maíz fertilizado tuvo como 9 hojas desarrolladas en el momento del granizo, que fueron casi completamente destruidas.

El efecto de este daño sobre el rendimiento, no se puede evaluar cuantitativamente. Eldredge (3) en un estudio de varios años para determinar este efecto, concluyó que es notable la influencia del daño del granizo sobre los rendimientos en algunos estados de desarrollo de la planta. Este investigador definió por completo las plantas en varias etapas de su ciclo simulando así el daño

de un fuerte granizo. Se estimó, por ejemplo, que la defoliación de 8 hojas redujo el rendimiento en un 30% aproximadamente.

En el presente estudio, a pesar del daño del granizo que probablemente ocasionó una reducción considerable en la cosecha, el rendimiento medio de grano, aumentó de 0.87 a 7.31 ton/ha, con una aplicación de 240 kg de nitrógeno por hectárea o sea que se obtuvo una producción de 26.5 kg de grano por kilogramo de nitrógeno aplicado.

CUADRO 8. VALORES MEDIOS DE GRADOS[#] DE ATAQUE DE CARBON EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS DE HUMEDAD Y NITROGENO.

Humedad	Nitrógeno			
	a	b	c	d
A	7.9	11.8	14.2	14.5
B	8.2	9.6	16.0	15.1
C	9.1	18.5	13.1	14.6
D	9.0	12.6	14.5	17.6
Prom.	8.6	13.1	14.5	15.5

Diferencia mínima significativa al 0.05 de probabilidad.

Entre 2 promedios de nitrógeno. 2.2

Entre 2 promedios de nitrógeno y el mismo nivel de humedad 4.5

Entre 2 promedios de humedad y el mismo nivel de nitrógeno 4.6

Transformación angular de los porcentajes de ataque, según fórmula

$$(p) = \text{sen}^2 (5)$$

RESUMEN

En el Campo Agrícola Experimental "La Cal Grande", Guanajuato, en el año 1956 se llevó a cabo un estudio para determinar la influencia de las condiciones de humedad del suelo en la primera parte del ciclo vegetativo, en el rendimiento de maíz fertilizado con diferentes cantidades de nitrógeno.

En este estudio se establecieron 4 variables de humedad del suelo que en la práctica consistieron en regar durante los primeros 3 meses del ciclo cuando el porcentaje de humedad aprovechable bajó a: (A) 77, 72, 80, 79, 68, 84, 79 y 63, (B) 66, 61, 62 y 56, (C) 35, 26 y 55 y (D) -6 y 46; y 4 tratamientos de nitrógeno: (a) 0, (b) 80, (c) 160 y (d) 240 kg de nitrógeno por hectárea. Los contenidos de humedad del suelo determinados gravimétricamente sirvieron para controlar los riegos y mantener un registro de las condiciones de humedad del experimento.

La deficiencia de humedad más severa se presentó el 24 de abril en el tratamiento D, cuando la humedad aprovechable bajó a -6 y 24% en los horizontes 5-15 y 5-30 cm, respectivamente. Las plantas de esta variable de humedad mostraban a las 9 de la mañana síntomas avanzados de marchitamiento que empezaron a manifestarse aunque en menor grado a partir del 19 de abril.

Justamente a los dos meses de establecido el experimento, cuando las plantas sin fertilizar y con fertilizante tenían 0.95 y 1.20 m de altura y aproximadamente 7 y 9 hojas por planta, respectivamente, se presentó un granizo que destruyó casi por completo las hojas. Posteriormente se observó un ataque más o menos severo de carbón.

Los resultados de este estudio pueden resumirse en la siguiente forma:

1. Con 80 kg de nitrógeno y posiblemente también con 160 kg de nitrógeno por hectárea, el rendimiento de grano del tratamiento A fue menor respecto al obtenido en los otros tratamientos de humedad. Bajo condiciones del tratamiento A con 80 y 160 kg de nitrógeno por hectárea, se obtuvieron 2.69 y 5.75 ton/ha, respectivamente. Los rendimientos medios de los tratamientos B, C y D fueron de 3.70 y 6.38 ton/ha con las mismas aplicaciones de nitrógeno.

2. Las variables de la humedad del suelo tuvieron igual efecto en los rendimientos de rastrojo, con aplicaciones de 80 y 160 kg de nitrógeno por hectárea. Con 240 kg de nitrógeno por hectárea se obtuvo mayor rendimiento en el tratamiento A.

3. La altura media de las plantas al principio fue igual en A y B y mayor que en C, la que a su vez fue mayor que en D. Después desaparecieron dichas diferencias.

4. El contenido de proteínas del grano entero de maíz fue mayor en los tratamientos más secos.

5. La aplicación de 240 kg de nitrógeno por hectárea incrementó el rendimiento de grano desde 0.87 hasta 7.31 ton/ha.

6. El contenido de proteínas del grano entero de maíz se mantuvo constante con 0 y 80 kg de nitrógeno por hectárea y aumentó con 160 y 240 kg de nitrógeno por hectárea.

7. El ataque de carbón aumentó con aplicaciones de nitrógeno.

Se concluyó que durante la primera parte del ciclo del maíz, las plantas pueden marchitarse por falta de humedad durante varios días sin que esto afecte los rendimientos.

LITERATURA CITADA

1. CONTRERAS ARIAS, A. 1942. Mapa de las Provincias Climatológicas de la República Mexicana. Inst. Geog., Dir. de Geografía, Meteorología e Hidrología, S. A. F., México.
2. CORDNER, H. B. 1942. The influence of irrigation water on the yield and quality of sweet corn and tomatoes, with special reference to the time and number of applications. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 40:475-481.
3. ELDREDGE, J. C. 1936. Hail damage to corn. Iowa Agr. Exp. Sta. Bul. 348.
4. FERNANDEZ G., RAMON Y LAIRD, R. J. 1958. Efectos de la humedad del suelo y de la fertilización con nitrógeno sobre el rendimiento y la calidad del trigo. Folleto Técnico No. 27, O. E. E., S. A. G., México.
5. HAYES, H. K., Immer, F. R. & Smith, D. C. 1955, Methods of Plant Breeding. Second Edition. McGraw Hill Book Company, Inc. New York.
6. HOWE, O. W. AND RHOADES, H. F. 1955. Irrigation practice for corn production in relation to stage of plant development. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19:94-98.
7. LAIRD R. J., GUILLEN, OISES Y PEREGRINA, RODOLFO. 1955. Fertilizantes comerciales y densidad óptima de población para maíz de riego en Guanajuato, Querétaro y Michoacán. Folleto Técnico No. 16, O. E. E., S. A. G., México.
8. MILLER, M. F. AND DULEY, F. L., 1925. Effect of varying moisture supply upon the development and composition of the maize plant at different periods of growth. Missouri Agr. Exp. Sta. Res. Bul. 76.

THE PROVERB