

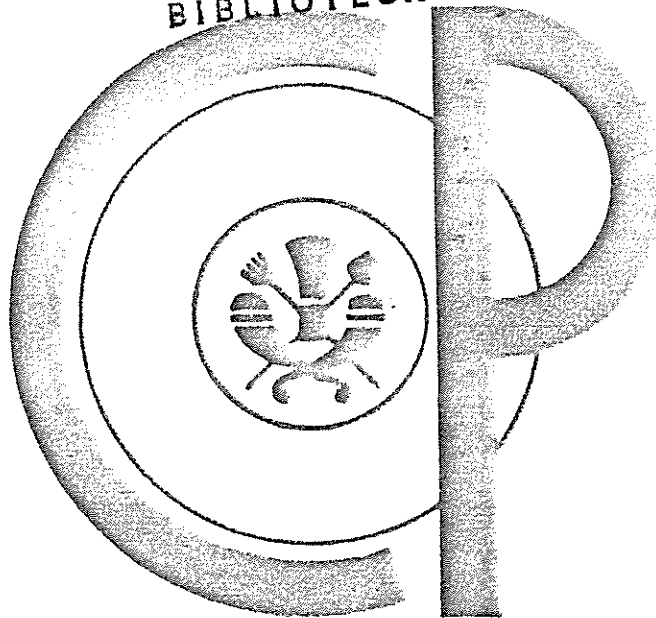


602720

8439

AGROCIENCIA

C. I. M. M. Y. T.
OCT. 1 1976
BIBLIOTECA



o BRAVO
or Sergio
CHAPINGO.
SINALOA.
CRÉDITO
or Fran-
SAN LUIS
GUA. Por
DISTRITO
l., Daniel
l., CIUDAD
ita Tovar
ESTADO DE
Villa Issa
OTACIONES
Humberto
ADOS. Por
HIDALGO.
r Luis E.
TABLAS DE
DE VISTA
BLOQUES
A.
r Graciela

8435

*Este fascículo está formado con aportaciones de las Ramas
de Genética y de Botánica*

No. 21	1975
--------	------

CHAPINGO, MEXICO

CIMMYT LIBRARY

7449
8939

Al concluir el primer periodo de incubación este material se transplantó al medio de Knop, con el que se induce la regeneración de las plantas completas en el transcurso de 30 a 60 días. Finalmente las plantas se transfirieron a macetas con tierra y se mantuvieron a una temperatura de 21°C, y fotoperíodo de 16 horas.

Bajo estas condiciones, se obtuvo en los primeros 20 días de la etapa inicial de incubación, un 60% de callostidades, algunas de las cuales presentaban cierta diferenciación visible de primordios de hojas y raíz (Figuras 1 y 2) al finalizar esta primera etapa (cuatro semanas), o meristemas que en este tiempo no desarrollaron tejido calloso, degeneraron. Algunos de estos callos, independientemente de la variedad dieron origen a hojas deformes y gruesas, muriendo después de un corto período (Figura 3).

El porcentaje de plantas obtenidas es relativamente bajo, comparado con resultados publicados por otros autores. Consideramos que el período más crítico en este sistema se presenta durante la primera etapa del cultivo, ya que en los transplantos no se alteró la secuencia del desarrollo, hacia la regeneración de plantas.

Actualmente se estudian las condiciones óptimas de cultivo para determinar la eficiencia de este sistema en la producción masiva de plantas de fresa a partir de meristemas, dato que no se puede precisar por el bajo número de casos observados. Asimismo se explora, bajo muestras condiciones experimentales, la posibilidad de obtener plantas libres de virus a partir de material infectado.

BIBLIOGRAFÍA

ANDAS, A.N. 1972. *An Improved Medium for Strawberry Meristem Culture*. J. Hort. Sci., 47: 253-261.

BALLENBORN, R.O. y MILLER, P.W. 1962. *Culture of Apical Meristems of Fragaria Vesca Strawberry Plants as Method of Excluding Latent a Virus*. Pl. Dis. Rept. 46:119-11.

CONA-FRUT, 1973. *Informador Comercial Frutícola*. Año II, N° 73.

MCGRAW, J.R. 1965. *Eradication of Latent a Virus in the Sarawak Variety of Strawberry by Heat Plus Excised Runner-tip Culture*. Phytopathology 55:480-481.

MILLER, P.W. y BALKENBORN, R.O. 1963. *Elimination of Yellow Edges, Crinkle and Vein Banding Viruses and Certain other Virus Complexes from Strawberries by Excision and Culturing of Apical Meristems*. Pl. Dis. Rept. 47:293-300.

MR. RASHBOLD, T. 1971. *Plant Propagation Through Tissue Cultures*. Ann. Rev. Plant Physiol., 25: 135-66.

MURRAY, T. y SAOON, F. 1962. *A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Cultures*. Physiologist, Pl., 15:473-97.

SECRETARÍA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. 1973. *Anuario Estadístico de los Estados Unidos México*. 1970-1971. Dirección General de Estadística.

SOMCZYKIEWICZ, D. 1973. *Research Institute of Pomology*. Datos no publicados. Polonia.

VINE, S.J. 1968. *Improved Culture of Apical Tissues for Production of Virus-Free Strawberries*. J. Hort. Sci. 43:593-597.

10268

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE 30 GENOTIPOS DE TRIGO BAJO CONDICIONES AMBIENTALES ÓPTIMAS DE CULTIVO

Inmarr Aguilarr A.* y R.A. Fischer.**

Rama de Botánica, Colegio de Postgraduados, Chapinigo, México

SINOPSIS

En el presente trabajo al mismo tiempo que se presenta un análisis de crecimiento y rendimiento de grano de 30 genotipos de trigo, se discuten y analizan diversos parámetros fisiológicos, así como su influencia y su relación con el rendimiento. Se encontró que el rendimiento está relacionado con la eficiencia de cada genotipo en la distribución de materia seca para formar grano (cuadro de cosecha = cv) y que esta eficiencia guarda una relación inversa con la altura de la planta. Además, independientemente del rendimiento final de los genotipos estudiados, el peso de grano es igual al aumento de peso seco total en el periodo de la post-anthesis. Sin embargo, el rendimiento parece estar controlado más por el número de grano por m² y la capacidad asintótica de estos granos (sink strength), que por la capacidad fotosintética de los genotipos.

SUMMARY

This study involves an analysis of the growth and grain yield of 30 genotypes of wheat: various physiological parameters were calculated and their relationship with yield is discussed. It was found that yield was related to the efficiency of distribution of dry matter to the grain (harvest index) of each genotype and that this efficiency showed an inverse association with plant height. In addition, regardless of the yield level of the genotypes studied, the weight of grain was equal to the increase in total dry weight of the crop in the post anthesis period. Nevertheless, yield seems to be controlled more by the number of grains/m² and the assimilatory capacity of these grains (sink strength), than by the potential photosynthetic capacity of the genotypes.

INTRODUCCIÓN

La evaluación y entendimiento de las variables fisiológicas que influyen en el rendimiento potencial de diferentes genotipos, posiblemente nos ayuden a predecir los cambios necesarios para aumentar el rendimiento potencial de nuevos genotipos. Para tal efecto se estudiaron 30 genotipos de trigo de primavera (con diferencias de altura de planta, ciclo vegetativo, origen y rendimiento) y se trató de identificar las variables fisiológicas que pudieran tener influencia en el rendimiento, tales como índice de área foliar, rendimiento de materia seca, plantas y tallos por m² e interceptación de luz por el cultivo durante su desarrollo, así como altura y el rendimiento en grano y sus componentes numéricos al momento de madurez.

* Estudiante de la Rama de Botánica del Colegio de Postgraduados, Chapinigo, México.
** Fisiólogo en el Programa de Trigo del CIMMYT.

Es el máximo rendimiento en grano impuesto por el clima para un genotipo determinado.

El cultivo de los 30 genotipos se llevó a cabo sin limitaciones en agua y nutrientes, sin enfermedades y con prevención de acame, en el campo del Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste (CIANO) durante el ciclo 1970-71. Fue una parte de los estudios de la sección de fisiología dentro del programa de Trigo del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

REVISIÓN DE LITERATURA

Los estudios fisiológicos llevados a cabo en los últimos 20 años destacan la producción de materia seca (biomasa) como factor fundamental del rendimiento de cualquier cultivo. Estos estudios, realizados no solamente en trigo sino también en arroz, maíz, soya y ciertos pastos, nos han permitido tener un conocimiento más fundamentado de este proceso (Sedlik, 1970). Al aumentar la superficie foliar de un cultivo aumenta la tasa de rendimiento de materia seca, guardando una relación lineal con el incremento de cantidad de luz interceptada por esa superficie foliar. Cuando se llega a una completa interceptación de luz (definido como índice foliar crítico). Al sobrepasar el punto de una completa interceptación de luz, la tasa de rendimiento de materia seca permanece constante en su valor máximo. Consideraciones de ángulo y disposición de la superficie foliar pueden tener importancia en estas relaciones (Loomis, Williams y Hall, 1971).

La aplicación de este conocimiento al problema de rendimiento en el trigo señala la necesidad de considerar aspectos de desarrollo fenológico y de distribución de materia seca. El desarrollo en cereales ha sido estudiado ampliamente desde principios de siglo (Kirby, 1969). Por otro lado la distribución de materia seca es más complicada, aunque suele resumirse en la siguiente relación sencilla:

Rendimiento = materia seca total \times índice de cosecha. Índice de cosecha (IC) es el factor de distribución, o sea, la proporción de la materia seca producida que se encuentra al final en el grano.

Varios autores han sugerido que el aumento en rendimiento de trigo debido al fitomejoramiento en los últimos 20 años, está más asociado con un aumento en resistencia al acame, así como a un mayor IC (Van Dobbelen, 1966; Borojevic, 1968).

Debido a que el IC es la resultante de un gran número de parámetros fisiológicos, en estudios más detallados se ha optado por medir el rendimiento de materia seca e índice de área foliar (IAF) durante el desarrollo del cultivo o sea un análisis del crecimiento. En particular, se ha cuantificado la capacidad fotosintética durante el período post antesis por medio del cálculo de la duración (D) de la superficie foliar durante ese período ($D = \int IAF dt$ de antesis a madurez). Se ha tenido interés en esto último porque los estudios con IAF en los cuales se demuestran que casi todos los carbhidratos que se encuentran al final en el grano de trigo, provienen de la fotosíntesis que se realiza después de antesis, cuando surgen las anteras (Thorne, 1966).

Ha habido una serie de estudios tomando los mencionados puntos de vista del análisis del crecimiento y de D, como base para comparar genotipos de trigo (Watson, Thorne y French, 1963; Quimla y Sagar, 1965; Walbank, French y Wills, 1966;

Thorne, Welbank y Blackwood, 1969; Bremner, 1969; Borojevic y Quijina, 1969; Thorne y Blacklock, 1971; Spiertz, ten Hag y Kuipers, 1971; Syme, 1969. Hasta ahora para los fitomejoradores los resultados no han sido de mucha utilidad debido a la complejidad del control de rendimiento y la supuesta multiplicidad de caminos hacia alto rendimiento. Sin embargo, estos estudios han contribuido enormemente a un mejor conocimiento de todos los factores que están controlando el rendimiento (Bingham, 1969; Evans, 1973). Lo más importante ha sido el reconocimiento de la importancia de la capacidad asimilatoria conjunta de los granos en el período post antesis (es decir su capacidad de demandar y utilizar productos fotosintéticos, sintetizando almidón, o sea su *sink strength*).

El presente estudio se emprendió considerando estos nuevos puntos de vista. Debido a que en todos los estudios mencionados el número de genotipos fue reducido, las conclusiones tienen un valor limitado, por lo que se decidió sacrificar algo de precisión y frecuencia de las mediciones para poder estudiar un grupo más amplio de genotipos (30).

MATERIALES Y MÉTODOS

En el Cuadro 1 se muestran los datos climáticos durante el ciclo 1970-71 en el CIANO que está localizado cerca de Ciudad Obregón, Sonora, México. El ciclo del trigo (noviembre a abril) se caracteriza por temperaturas moderadas y alta radiación solar, las cuales favorecen mucho al trigo.

CUADRO 1

Datos climatológicos durante el ciclo 1970-1971 en CIANO (27° 29' norte, 109° 55' oeste, elev. 39 msnnm)

Mes	Temperatura			Radiación solar en cal/cm ² /día	Evapotranspiración* mm/día	Precipitación mm
	Media °C	Máxima °C	Mínima °C			
Noviembre	20.2	30.0	10.4	346	4.1	0.0
Diciembre	16.5	24.7	8.2	269	2.6	6.2
Enero	13.7	23.7	3.7	331	3.5	0.0
Febrero	14.6	24.0	5.1	409	3.6	0.0
Marzo	18.0	28.9	7.1	555	5.5	0.0
Abril	19.7	30.0	9.4	602	6.6	0.0
Mayo**	24.0	34.6	13.5	596	9.0	0.0

* U.S. Weather Bureau, Class A tank.

** Del 1º al 16 de mayo de 1961.

El análisis físico-químico efectuado a muestras de suelos del lugar experimental indicó una textura arenilla-arenosa, un pH de 7.9, una CE (mhos/cm a 25°C) de 1.0 y un contenido de materia orgánica de 0.69%.

Se usó un diseño de bloques al azar, con 4 repeticiones; los tratamientos fueron 30 genotipos agrupados según su altura, en la siguiente forma:

Altura normal	Con un grado de enanismo	Con dos grados de enanismo	Con tres grados de enanismo
Chris	Nuri 71	(1R X N 10 B) X An*	Cajeme 71
Najpo	Tobari 66	Men 8156 X Jar/8156	Turpin 7
Galbo	Ram X Nate	Ciano 67	Bb X Inia
Naimari 60	Cheub 70	Zambuzi	Y 505-8156 X Kallan
Triple Kirk	Inia 66	Victor 1	Oleson
Armadillo*	Siete Cerras 66	Durum Josi 60	
Badger*	Cuo X Nate	Pikio 62	
Beaver*	Kloka	Benjamio 62	

* Trifitales.

Se fertilizó con la fórmula 200-100-0 al volco, en el momento de la siembra que se efectuó el 27 de noviembre de 1970. La densidad de siembra de 100 kg/ha para todos los genotipos, con 20 cm entre surcos y parcelas de 9 surcos. Los riegos se aplicaron con más frecuencia que los recomendados por el CIANO; de esta manera, los cultivos no presentaron déficit de agua en ninguna etapa de desarrollo. No hubo ataque de enfermedades. El acame de los genotipos altos se evitó por medio de redes, excepto en el caso de Chris. Por eso se excluyó Chris de la mayoría de las siguientes observaciones:

a) Interceptación de radiación solar. Para medir el porcentaje de radiación interceptada por el cultivo en varios estados del desarrollo, se empleó un integrador de radiación solar usando papel heliográfico según el método de Friend (1961); más detalles pueden encontrarse en la tesis de Aguilari (1972).

b) Análisis del crecimiento. Para la obtención de las variables: peso seco, índice foliar y tallo por m² a los 21, 41, 62, 83 y 98 días después de la siembra, de antemano se determinaron en cada parcela los sitios de muestreo que comprendían una superficie equivalente a 0.35 x 1.00 m (5 surcos). En esa superficie se cortaron todas las plantas y en el laboratorio se contaron tallos (todos los tallos visibles y verdes), se determinó la superficie foliar en una submuestra y se secaron todas las partes de la muestra a 70°C por más de 48 horas antes de pesadas. El área de las hojas se determinó en un círculo fotodéctrico, y la de los tallos y espigas sobre papel milimétrico, considerando que su superficie efectiva es equivalente al largo x diámetro x π x 2 (tallos) o largo x ancho x 2 (espigas). Para corregir los datos se estimó el porcentaje de área no fotosintética (no verde) de los órganos. Después de la antesis, el muestreo se hizo cada 10 días y se basó en una muestra al azar de 10 tallos con espigas, relacionando los resultados en base a la superficie del terreno por medio del número de espigas/m² determinadas en la cosecha.

c) Cosecha. Se cortó un área de 1.05 m x 1.00 m (5 surcos) en cada parcela, tomándose los datos de peso seco total, rendimiento en grano, espigas/m², espiguillas/espiga, peso de 200 granos y altura de planta.

d) Estimación de etapas fenológicas. Durante el ciclo se estimó el 50% de espigamiento de antesis y de madurez fisiológica de los genotipos por medio de frecuencia (cada 3-4 días) y observaciones de las parcelas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Datos fenológicos

En el Cuadro 2 se presentan los datos fenológicos donde se observa variación en tiempo de ocurrencia de espigamiento, antesis y madurez; también se calculó la duración de antesis a madurez, apreciándose que no guarda ninguna relación con el ciclo vegetativo. Los genotipos en el cuadro están ordenados aproximadamente en el orden de alturas.

CUADRO 2

Datos fenológicos de 30 genotipos de trigo

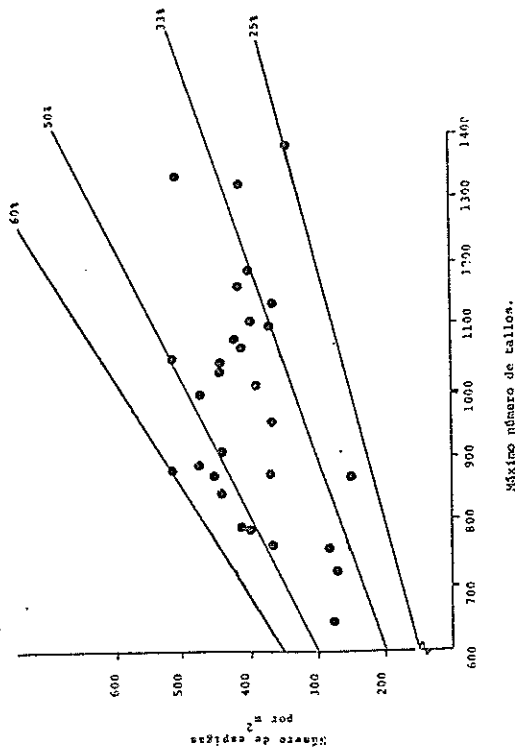
Genotipo	Días después de la siembra			Antesis-Madurez
	50% Espigamiento	50% Antesis	50% Madurez	
1. Oleson	90	86	136	50
2. Bb X Inia	86	87	131	44
3. Y 50 F X 8156 X Kall	90	91	137	43
4. Turpin 7	98	100	141	41
5. Cajeme 71	102	104	138	34
6. Men-8156	98	100	135	38
7. Zambuzi	89	91	135	44
8. (1R X N10 B) An*	98	100	139	39
9. Victor 1	111	112	144	32
10. Jori 69	88	90	132	42
11. Covarit 71	90	92	131	42
12. Ciano 67	76	80	127	47
13. Ramif X Nate	106	107	143	36
14. Tobari 66	85	89	133	44
15. Siete Cerras 66	94	100	136	36
16. Inia 66	80	85	127	42
17. Kloka	100	102	130	37
18. Cuo X Nate	84	88	130	42
19. Pikio 62	94	98	138	40
20. Benjamio 62	88	92	134	42
21. Nuri 70	88	91	131	40
22. Cheub 70	92	98	140	42
23. Najpo	79	86	121	38
24. Galbo	90	94	131	37
25. Triple Dirk	98	99	137	38
26. Chris	98	100	139	39
27. Naimari 60	90	101	138	37
28. Tel Beaver	98	103	141	38
29. Tel Badger	88	96	134	38
30. Tel Armadillo	90	97	135	38

2. Número de plantas, tallos y espigas

El número de plantas establecidas (contadas a los 21 días) fue satisfactorio para todos los genotipos variando entre 136/m² y 255/m², con la excepción de Pénjamo que tenía 329 m². La variación de esta magnitud en el número de plantas afectó poco los parámetros fisiológicos y nada el rendimiento de la variedad Yécora en un ensayo de densidades al lado del presente ensayo (Aguilar, 1972).

El valor máximo del número de tallos/m² se manifestó en los muestreos de 41 a 62 días. Tomando como el número máximo de tallos/m² un promedio de estos muestreos hubo variación de 610 a 1380 tallos/m². Se encontró una correlación positiva ($r = 0.12$) * entre ese número y días a 50% antesis como índice de la precocidad del genotipo. Aunque esto se había esperado, hubieron algunas excepciones: Cianó 67 tenía más tallos, pero Siete (en los 60, Kloba, Triple Dirk y los tres triticales tenían menos tallos, que los que sus tasas de desarrollo sugerían. Excluyendo estos siete genotipos, la correlación mejoró considerablemente ($r = 0.80$).

El número de tallos que sobrevivieron para producir espigas no guardó ninguna relación con el número máximo de tallos porque el porcentaje de los primeros tendía a bajar al aumentar el número máximo de tallos (Gráfica 1). La sobrevivencia variaba entre 25 y 60% y el número de espigas de 245 a 515/m². Posiblemente la producción



GRAFICA 1. Relación entre el máximo número de tallos y el número de espigas.

* Con 30 genotipos, el coeficiente de correlación (r) para significancia es 0.36 ($P \leq 0.05$), o 0.46 ($P \leq 0.01$).

de un gran número de tallos causa un sombreado mutuo que induce a la competencia principalmente por luz, la cual se refleja en la gran pérdida de tallos. Para genotipos que tuvieron valores máximos semejantes de tallos por m² y diferentes porcentajes de sobrevivencia, posiblemente se deba a la distribución de luz, afectado principalmente por el ángulo de hoja y altura del genotipo.

3. Rendimiento en grano

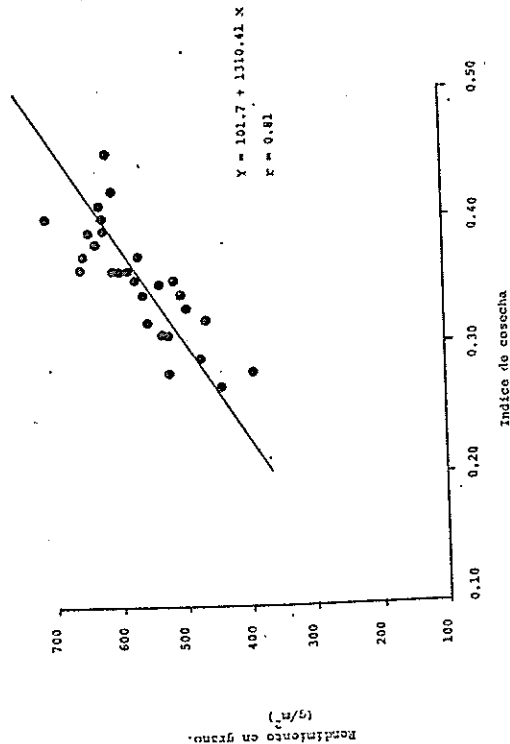
El rendimiento de los 29 genotipos (de aquí en adelante se excluye Cianó) fue estadísticamente diferente, según se observa en la primera columna del Cuadro 3; el rango de rendimientos fue amplio (de 400 a 700 g/m²). El efecto de genotipo fue altamente significativo. El mayor rendimiento (Cocorit 71) fue equivalente a 7.9 t/ha

CUADRO 3
Rendimiento de grano (Peso Seco) y otros parámetros en la cosecha

Genotipo	Rend. (g/m ²)	Índice cosecha	Materia seca total (g/m ²)	Altura (cm)
1. Oberon	610	0.15	1358	53
2. Bb X Inia	622	0.41	1439	90
3. Y-50-S156 X Kablan	601	0.42	1454	85
4. Turpin 7	620	0.40	1549	78
5. Cujane 71	639	0.39	1656	90
6. Men-1856 X Jar	629	0.38	1643	95
7. Zantevá	575	0.36	1587	108
8. (LR X N 10 B) X Aní	655	0.36	1825	169
9. Victor I	592	0.31	1693	95
10. Jori 69	596	0.37	1672	103
11. Corral 71	709	0.40	1772	108
12. Cianó 67	501	0.31	1458	105
13. Ranit X Note	491	0.33	1501	100
14. Tolari 66	535	0.35	1543	113
15. Siete Cerros 66	651	0.37	1765	105
16. Inia 66	507	0.37	1590	113
17. Kloba	548	0.28	1841	115
18. Can X Note	622	0.39	1686	103
19. Pite 62	570	0.35	1617	127
20. Pénjamo 62	556	0.34	1640	110
21. Nuri 70	580	0.36	1609	125
22. Chonah 70	605	0.36	1679	140
23. Napu	496	0.32	1538	140
24. Gallo	512	0.35	1400	140
25. Triple Dirk	519	0.31	1656	155
26. Nainari 60	475	0.29	1626	140
27. Tel Beaver	548	0.32	1702	133
28. Tel Bealger	439	0.27	1631	150
29. Tel Armadillo	396	0.28	1425	118
Error estándar de la media	27	0.01	63	

(12% humedad) y había varios rendimientos arriba de 7 t/ha, hecho que demuestra haber alcanzado las condiciones de cultivo óptimas durante el estudio.

De acuerdo con el modelo fisiológico sencillo de rendimiento ya mencionado: rendimiento (R) = materia seca total (MST) en la cosecha X índice de cosecha (IC), vemos en el Cuadro 3, y en la Gráfica 2 que hay una buena correlación entre R e IC ($r = 0.81$). Esto nos indica que el R está relacionado con la eficiencia de cada genotipo en la distribución de materia seca para formar grano; casi no hubo correlación con producción total de materia seca ($r = 0.37$).



GRAFICA 2. Relación de rendimiento con el índice de cosecha de los 30 genotipos de trigo.

También en el Cuadro 3 se ve que R e IC, guardan relaciones inversas con altura. Los coeficientes de correlación (r) fueron respectivamente -0.68 y -0.79 . Hay que considerar que estas relaciones se midieron en ausencia de acame. El valor más bajo de r en el caso de rendimiento se debió a que éste no siguió aumentando al reducir la altura debajo de valores de aproximadamente 100 cm (ver también Cuadro 3); más bien hubo una relación curvilínea.

Si se supone que hay un mecanismo básico que controla el rendimiento, es válido agrupar estos 29 genotipos según su rendimiento, para facilitar la comprensión de los parámetros que pueden influir en éste y reducir el error experimental en el promedio de cada parámetro. El Cuadro 4 muestra para los grupos los parámetros claves ya considerados como son: rendimiento, índice de cosecha, peso seco total, altura y otros.

CUADRO 4

Parámetros de genotipos agrupados según rendimiento

Parámetro (genotipos)	Promedio de genotipos agrupados según rendimiento				
	I (5, 6, 8, 11, 13)	II (1, 2, 3, 4, 18, 22)	III (7, 10, 16, 19, 10, 21, 18)	IV (9, 12, 14, 17, 24, 26)	V (13, 23, 27, 29, 30)
Rendimiento (g/m ²)	657	614	570	520	453
Índice de cosecha	0.38	0.41	0.35	0.32	0.30
Materia seca total (g/m ²)	1732	1521	1627	1609	1525
Altura (cm)	100	89	114	121	136
Antesis a inmadurez (días)	38	44	41	39	37
Siembra a madurez (días)	137	136	134	135	135
AMST (g/m ²)	656	599	630	549	475
E	1.00	1.03	0.90	0.95	0.95
Índice foliar en antesis	9.2	9.0	8.8	9.1	8.0
Materia seca total a los 95 días (g/m ²)	1051	1000	1141	1077	1052
Número de granos por 1000/m ²	17.0	16.5	15.4	14.0	12.1
Peso del grano (mg.)	38.9	37.5	37.6	36.0	36.2
					37.2

4. Distribución de materia seca

Examinemos los posibles factores que están controlando rendimiento especialmente a través de índice de cosecha y distribución de materia seca. Si se considera que el grano es el producto de fotosíntesis post-antesis y el resto (hojas, tallos) el producto en su mayoría de fotosíntesis pre-antesis, se puede postular que una mejor distribución de materia seca e índice de cosecha se debe a un mayor período post-antesis relativo al ciclo total o simplemente mayor tiempo de post-antesis. Sin embargo, en los promedios de tiempo post-antesis (Cuadro 4) hubo muy poca variación en ese parámetro, lo cual indica que la tasa de producción de materia seca en el grano es el factor que varía.

Siguiendo el último razonamiento se puede decir que el rendimiento (R) es igual al aumento de materia seca total en el período post-antesis (AMST) multiplicado por un factor de eficiencia (E) el cual representa la fracción de ese aumento que se distribuye hacia el grano y que se encuentra al final en el grano o sea $R = AMST (E)$. Se ha sugerido (Laibg, comunicación personal) que la variación en rendimiento entre genotipos se debe más que todo a la variación en E. Sin embargo, en nuestros resultados E, mostró poca variación, mientras AMST mostró buena correlación con R, a excepción del grupo III el cual tuvo una reducida E. Es interesante el hecho de que el promedio de E para todos los genotipos es muy cercano a 1.00 (0.97) lo cual

está de acuerdo con la literatura en general que dice que casi toda la materia seca del grano proviene de la fotosíntesis después de la antesis. Además se puede agregar que casi todos los productos fotosintéticos después de la antesis se encuentran finalmente en el grano. Esto último ha sido comprobado en los estudios con 14 C de Brecka (1963, 1964, 1966).

L. AGUILAR M. Y R.A. FISCHER

5. Sistema fotosintético

Los resultados de nuestro estudio sugieren que tanto R como IC están relacionados con la cantidad de fotosíntesis post-antesis. En relación a este punto, varios autores han indicado la importancia de la duración post-antesis de superficie foliar (D), así como la eficiencia fotosintética por unidad de superficie foliar. Debido a que no hubo gran diferencia en el índice foliar en el momento de la antesis (intervalo de 7.1 a 10.7), ni en el largo del período post-antesis (Cuadro 4), y que los índices de área foliares fueron altos (Cuadro 4) con interrupción de casi toda la radiación durante la mayor parte del período, no se consideró muy útil este modelo para el análisis de fotosíntesis post-antesis.

En cambio, un modelo basado en la cantidad de radiación interceptada por la superficie foliar durante el período post-antesis y la eficiencia con la cual el genotipo utiliza esa radiación parece tener mayor utilidad. No se esperaba gran variación en radiación interceptada debido a los altos índices de área foliar y ausencia de variación en todo el período de crecimiento. No disponemos de una medida directa e independiente del factor de eficiencia. Sin embargo, si hay diferencias en la eficiencia fotosintética entre los genotipos, esto debe reflejarse en la producción de materia seca en el período pre-antesis. A los 46 días todos los genotipos interceptaron más del 92% de la radiación solar; a los 68 días, más del 98%; y a los 98 días casi el 100%. Es decir, hay un período que va desde los 40 días a los 98 días donde todos los genotipos captaron casi toda la radiación. La materia seca total a los 98 días se produjo antes de los 40 días fue mínima (aproximadamente el 20% de los productos a los 98 días y variando entre 150 y 250 g/m²). No hubo diferencias en rendimiento de materia seca a los 98 días entre los 5 grupos de genotipos del Cuadro 4, ya que se supone que la eficiencia fotosintética (incluyendo consideraciones de pérdidas respiratorias, distribución y ángulo de hoja) varió poco entre los genotipos.

6. Capacidad de los granos para demandar y utilizar los productos fotosintéticos (sink)

Es importante introducir consideraciones de la capacidad de los granos para utilizar los productos fotosintéticos (sink). Esto se puede cuantificar como el producto del número de granos y su capacidad individual. El primero muestra muy buena relación con rendimiento (Cuadro 4). Para los 29 genotipos el coeficiente de correlación lineal entre rendimiento de grano y número de granos/m² fue buena ($r = 0.59$). Casi no hubo relación con peso del grano ($r = 0.37$), ni mucha variación en este. El número de granos/m² se calculó dividiendo el rendimiento entre el peso del

grano y por eso cualquier error en rendimiento ayudaría a la correlación. Sin embargo, el error fue pequeño ($CV = 9.41\%$) y la varianza para genotipos alta ($f = 7.21$) y por eso la influencia debe ser igualmente mínima. Así, menos confundida por error es la relación rendimiento y número de granos/m² calculado usando los promedios de los 5 grupos del Cuadro 4; ($r = 0.992$) es altamente significativa y apoya la conclusión de una buena y verdadera asociación entre los parámetros.

No disponemos de medidas del otro aspecto del sink o sea la capacidad individual del grano. El peso real del grano (que exhibió muy poco cambio, Cuadro 4) no es un indicador porque representa el balance entre esta capacidad y el suministro de fotosintatos al grano. El peso del grano que se produce sin limitaciones de fotosíntesis puede tener valor como indicador de esa capacidad pero no lo tenemos en el presente trabajo. Sin embargo, es posible deducir debido a la buena relación entre rendimiento y granos/m², que el tamaño de sink fue el factor más importante que controla el rendimiento en el presente estudio. En trigo, con supuesta ausencia de otros sinks después de antesis, la producción fotosintética neta (AMST) en el período también fue controlada por la demanda de los granos y fue más o menos igual al rendimiento.

La relación inversa entre rendimiento y altura sin duda proviene de una relación inversa entre altura y número de granos (número de espigas y granos por espiga) que probablemente refleja competencia entre el tallo y la espiga cuando los dos están creciendo rápidamente durante un período de varias semanas inmediatasmente antes de la antesis. Cabe enfatizar que el número de granos desarrollados es un factor casi completamente determinado en el momento de antesis y que hay que buscar su explicación en factores del período de la preantesis.

DISCUSIÓN GENERAL.

El propósito del presente estudio es dilucidar las bases fisiológicas de diferencias en potencial de rendimiento entre genotipos de trigo de primavera. No hubo factores limitantes de cualquier índole y los mejores rendimientos logrados fueron muy altos (mayores de 7 t/ha). Se puede concluir que sin duda los rendimientos aquí son rendimientos potenciales y además que el clima era muy favorable para el trigo: algunas de las variedades de este estudio alcanzaron rendimientos muy inferiores en estudios registradas con el mismo propósito en otras regiones (Thorne, Welbang y Blackwood, 1969; L. Syam, 1969).

Para discutir la metodología adoptada aquí son importantes ciertas consideraciones:

- i) Las conclusiones están limitadas no solamente al ambiente estudiado sino también al juego escogido de genotipos y pueden ser influenciadas por un sesgo al escoger el año, sitio y/o los genotipos. El problema del año no es tan importante porque hay poca variación climática de un año a otro en esas regiones semidesérticas; la variación ambiental está estabilizada, más todavía por el uso de riego y alta fertilización. De los genotipos, puede ser justificado que se excluyeron de ser considerados los muy tardíos, porque la experiencia dicta que estos genotipos nunca rinden bien

en el ambiente estudiado. Sin embargo, el hecho de que todos los genotipos enanos típicos Norin 10 Brevor como progenitor representan un sesgo no deseable si existen otras fuentes de enanismo; por ejemplo la ventaja que se puede atribuir al enanismo en sí puede ser el resultado de otras ventajas ligadas al enanismo en el progenitor común. Además, la inclusión de 2 trigos duros y 3 triticales puede confundir los resultados.

ii) Aunque reducida la diversidad genotípica estudiada, el método adoptado de correlación supone que existe un proceso clave, "un cuello de botella", para reducir el número de genotipos; esta suposición puede ser equivocada. Podría haber varios caminos al alto rendimiento, hecho que haría muy difícil la búsqueda de procesos claves o criterios de selección como es el propósito aquí. También están involucradas las suposiciones de linealidad y de la validez de extrapolación.

iii) Se han presentado aquí correlaciones calculadas sobre los promedios para cada genotipo de las 4 repeticiones suponiendo que éstas son correlaciones genotípicas. Lo correcto es que son correlaciones fenotípicas, que se aproximan a las verdaderas correlaciones genotípicas. Sin embargo, la aproximación parece ser buena. Por ejemplo, al calcular según Kempthorne (1969) la verdadera correlación genotípica en el caso de la relación entre rendimiento y granos m^2 el coeficiente fue 0.557; con los mismos datos la correlación fenotípica, calculada como se explicó, fue 0.587.

A pesar de las simplificaciones y limitaciones del estudio, mencionadas, es posible llegar a algunas conclusiones ciertas y útiles. En primer lugar es interesante que, aun en la ausencia de acume, hay mayor rendimiento con menor estatura. Debido a la asociación del enanismo con mayor índice de cosecha y con mayor número de granos, es posible que su ventaja adicional provenga de una reducción de la demanda por parte del tallo para fotosíntatos durante un período justo antes del espigamiento, permitiendo así mayor distribución de carbohidratos hacia la espiga que en este momento está creciendo rápidamente. La hipótesis es atractiva pero faltan más estudios para verificarla; cabe mencionar que Joppa (1973) en un estudio con líneas y poblaciones casi isogónicas excepto para altura, indica que no hubo ninguna ventaja en rendimiento, índice de cosecha o granos/espiga, para el enanismo.

De la relación observada entre rendimiento y enanismo surge la pregunta: ¿hacia qué grado de enanismo opera la relación? El Cuadro 4 y estudios no publicados con trigos de un enanismo extremo (como Olesen, altura 50 a 70 cm) sugieren que líneas enanas menores de aproximadamente 70 cm rinden menos que trigos enanos con alturas de 80 a 100 cm y aunque se caracterizan por un alto índice de cosecha, representan un grupo único que produce definitivamente menos materia seca total. Es posible que la disposición de las hojas que tienen los enanos extremos, con las hojas apretadas con un intervalo vertical muy reducido, sea ineficiente para el aprovechamiento de la radiación solar.

Es impresionante la cantidad de superficie foliar producida por todos los genotipos en este estudio. Esto y la falta de relación entre la duración de esta superficie en el período post-antesis (D) y el rendimiento sugiere que hay un exceso de super-

ficie foliar en este período. En cambio los resultados indican limitaciones de rendimiento debido a la reducida capacidad del conjunto de granos de asimilar los productos fotosintéticos como ha sido sugerido por varios autores (Thorne, 1966; Bingham, 1969; Evans, 1973). Si fuera posible convertir el exceso de follaje en mayor número o tamaño de espigas, es probable que aumentaría el rendimiento. La selección por hojas menos grandes, especialmente en el caso de las hojas bandera, puede tener tales efectos.

El exceso de amacollamiento y la alta mortalidad de mazorcos, indican que no se consigue mayor número de granos/ m^2 a través de la producción de mayor número de espigas potenciales como son los mazorcos que están presentes a las 7 a 9 semanas. Parece que el potencial de rendimiento, representado por espiguillas o flores/ m^2 en antesis o granos/ m^2 un poco después, es función de eventos que ocurren entre las 9 semanas, después de la siembra y el espigamiento, o sea un período crítico de 3 a 4 semanas cuando está creciendo la espiga en términos de acumulación de peso seco. Además acerca de este período hay menos conocimientos fisiológicos.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIAR, M.I. 1972. *Influencia del espigamiento entre sargas y densidad de población sobre el rendimiento y aspectos fisiológicos en trigo*. Tesis profesional. ENA, Chapingo, México.
- BINGHAM, J. 1969. *The Physiological Determinants of Grain Yield in Cereals*. Agricultural Progress, 41:30-42.
- BIUSICKA, H. y DAXER-WLOKOWSKA, L. 1963. *Photosynthesis, Translocation and Accumulation of Assimilates in Cereals During Grain Development*. III. Spring Wheat-Photosynthesis and the Daily Accumulation of Photosynthesis in the Grain. Acta. Soc. Bot. Polon. 32:631-650.
- 1964. *Photosynthesis, Translocation and Accumulation of Assimilates in Cereals During Grain Development*. IV. Contribution of Products Current Photosynthesis After Heading to the Accumulation of Organic Compounds in the Grain of Spring Wheat. Acta. Soc. Bot. Polon. 33:407-425.
- 1966. *Photosynthetic Activity and Productivity Before and After ear Emergence in Spring Wheat*. Acta. Soc. Bot. Polon. 35:637-662.
- BONJAVIC, S. 1968. *Characteristics of some New Dwarf and Semidwarf Wheat Lines*. Euphytica Supplement No 1:143-151.
- y CURVA, T. 1969. *Components of Grain Yield Different Vulgare Wheat Genotypes*. Contemporary Agric. (Novi Sad) 17:126.
- BRUMMER, P.M. 1969. *Growth and Yield of Three Varieties of Wheat, with Particular Reference to the Influence of Unproductive Tillers*. J. Agric. Sci. 73:281-287.
- EVANS, L.T. 1973. *The Effect of Light on Growth, Development and Yield*. En: Symposium on Plant Response to Climate Factors. Edited by R.O. Slayter. UNESCO, Paris, 24-35.
- FURBER, D.T.C. 1961. *A Simple Method of Measuring Integrated Light Values in the Field*. Ecol. 42:577-580.
- JOPPA, L.R. 1973. *Agonomic Characteristics of Near-Isogenic Tall and Semidwarf Lines of Durum Wheat*. Crop. Sci. 13:743-745.

- KRAMPTORNY, O. 1969. *An Introduction to Genetic Statistics*. Iowa State Uni. Press.
- KIMBY, E.J.M. 1969. *The Effects of Daylength upon the Development and Growth of Wheat, Barley and Oats*. Field Crop. Abstracts. 22:1-7.
- LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. y HALL, A.E. 1971. *Agricultural Productivity*. Ann. Rev. Plant Physiol. 22:431-468.
- QUINLAN, J.D. y SAGAR, G.R. 1965. *Grain Yield Two Contrasting Varieties of Spring Wheat*. Ann. Bot. N.S. 29:483-697.
- STELIK, I. 1970. *Editor. Production and Measurement of Photosynthetic Productivity: The Netherlands*. Pudoc. pp. 605.
- SPURTEZ, J.H.J.; BEN INC, B.A. y KERRIS, I.J.P. 1971. *Relation between Green Area Duration and Grain Yield; some Varieties of Spring Wheat*. Neth. J. Sci. 19:211-222.
- STEIN, J.R. 1969. *A Comparison of Semi-Dwarf and Standard Height Wheat Varieties at two Levels of Water Supply*. Aust. J. of Exp. Agric. and Animal Husbandry. 9:528-531.
- THORNE, G.N. 1966. *Physiological Aspects of Grain Yield in Cereals*. Ed. Growth of Cereals and Grasses. Ed. F.J. Millhorpe and J.D. Ivins, Butterworths, London, pp. 88-105.
- _____ y BEAVISOCK, J.C. 1971. *Effects of Plant Density and Nitrogen Fertilizer on Growth and Yield of Short Varieties Derived from Nain 10*. Ann. Appl. Biol. 17:293-311.
- THORNE, G.N.; WILLIAMS, P.J. y BLACKWOOD, G.C. 1969. *Growth and Yield of Six Short Varieties of Spring Wheat Derived from Nain 10 and of two European Varieties*. Ann. Appl. Biol. 63:211-251.
- VAN DENNEN, W.H. 1966. *Systems of Management of Cereals for Improved Yield and Quality*. Ed. The Growth of Cereals and Grasses. Ed. F.J. Millhorpe and J.D. Ivins, Butterworths, London, pp. 326-334.
- WATSON, D.J.; THORNE, G.N. y FRENGEL, S.A.W. 1963. *Analysis of Growth and Yield of Winter and Spring Wheat*. Ann. Bot. 27:1-22.
- WILLIAMS, P.J.; FRENGEL, S.A.W. y WITTS, K.J. 1966. *Dependence of Yields of Wheat Varieties on Their Leaf Area Durations*. Ann. Bot. 30:291-299.

EDITORIAL DEL COLEGIO
DE POSTGRADUADOS

Jefe: ISMAS S. HINOJOSA
Publicaciones Especiales: MARIO NAJERA FIGUEROA
Editor: ENRIQUE FLORES VERDAD
Distribución y Promoción: ESTEBAN LÓPEZ COVARRUHAS
Sección de Información: JOSÉ MANUEL RODRÍGUEZ S.
Dibujo: JOSÉ LUIS DELGADO M.
HÉCTOR LUNA A.
Fotografía: RAÚL GÓMEZ SANVICENTE