

Efecto de la Densidad de Siembra sobre la Acumulación y Redistribución de la Materia Seca en Tres Cultivares de *T. aestivum* L.

S J Sarandón*, H O Chidichimo**, H O Arriaga***

SUMMARY

The effect of sowing rate on dry matter accumulation and distribution was studied in three wheat cultivars varying in their agronomic characteristics and plant height. Field experiments were carried out during two years and the densities used ranged from 120 to 360 plants/m². It was found that, in the higher density, the translocation of dry matter to the ear began earlier and was greater than in low densities. At high densities, the greater dry matter production in the early stages of the crop, was compensated later by a higher tiller mortality, which was greater in the taller cultivars. Tall cultivars did not depend on stem and leaf reserves more than short cultivars. The number of fertile spikelets per ear was the component most affected by density and was closely related to the weight of the ear. In spite of that, density did not alter the distribution of dry matter at harvest. The slight effect on the grain yield was due to the fact that the earlier senescence in high density cultivars was partially compensated by a greater carbohydrate translocation to the grain.

COMPENDIO

Se estudió el efecto de la densidad de siembra sobre la acumulación y redistribución de la materia seca en tres cultivares de trigo de diferente altura y características agronómicas. Los ensayos se realizaron a campo, durante dos años y las densidades usadas variaron entre 120 y 360 plantas/m². Se encontró que, en la mayor densidad, la traslocación de fotosintatos a la espiga comenzó antes y fue más elevada que en bajas densidades. En altas densidades, la mayor producción de materia seca, total en macollaje, fue compensada luego por una mayor mortandad de macollas, la cual se acentuó en los cultivares más altos. Los cultivares de mayor altura no fueron más dependientes del aporte de las reservas de tallos y hojas que el cultivar más de menor porte. El número de espiguillas fértiles por espiga fue el componente más afectado por la densidad el cual estuvo estrechamente relacionado con el peso por espiga. Sin embargo, la densidad no modificó la distribución de la materia seca en madurez y tuvo poco efecto sobre el rendimiento en grano.

INTRODUCCION

La producción de materia seca total de un cultivo de trigo y su rendimiento en grano son muy afectados por la densidad de plantas. Mientras la producción de biomasa aumenta con el incremento en la densidad, al menos entre ciertos límites (10), el rendimiento en grano no se incrementa en la misma forma. Ello se atribuye a los efectos de la competencia interplanta e intraplanta por luz, agua y nutrimentos (5).

El efecto de la densidad sobre la partición de la materia seca no está bien claro. Se ha encontrado que altas densidades provocan una caída en el índice de cosecha (6), atribuida a la disminución del perfil de luz dentro del cultivo (10). Por otro lado, se ha encontrado poca variación (4, 14) e incluso, un aumento en este índice, al incrementar la densidad (38).

El proceso de remetabolización de los hidratos de carbono, desde el tallo y la hoja hacia el grano, aunque no resulta importante en condiciones normales de cultivo (27, 35), puede aumentar en altas densidades (38), al reducirse la fotosíntesis (29), y la duración del área foliar (23). Sin embargo, se ha encontrado que la espiga no tiene preferencia sobre el tallo como destino, cuando hay deficiencia de asimilados (16, 30).

El momento en que comienza la competencia varía con la densidad. En altas densidades, la competencia, sobre todo por luz, comienza antes que en bajas densidades (5, 7, 8, 10). Esto determina cuál será el componente del rendimiento más afectado (13, 16, 17, 39). Cuanto más temprano comience la competencia, mayor será su efecto sobre el desarrollo de la

1 Recibido para publicación el 20 de diciembre de 1986. Los autores agradecen al Ing. Carlos Favoretti en la conducción de los ensayos. A la señorita Carol Chistik y al señor Teodoro Berman su colaboración técnica. Asimismo, al Departamento de Suelos del Ministerio de Agricultura de la provincia de Buenos Aires, los análisis de suelos realizados.

* Becario de CONICEI y Profesor; Profesor Adjunto y Profesor Titular, Cátedra de Cerealicultura. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Plata. Casilla de Correos 31. La Plata 1900, República Argentina.

** Profesor Adjunto de la citada Cátedra.

*** Profesor Titular de la citada Cátedra.

espiga (6). Por otra parte, dentro del rango de densidades donde los rendimientos son máximos, los componentes del mismo tienden a compensarse mutuamente y la correlación entre los mismos suele ser negativa (40).

Puede existir un comportamiento diferencial de los cultivares ante la densidad (8) y en la capacidad de remetabolización de las reservas hacia el grano (11, 22, 31, 37) aunque esta condición no estaría vinculada con la altura del cultivar (29). En este sentido, una mayor altura estaría relacionada directamente con la habilidad competitiva (18) e inversamente con el índice de cosecha, el cual mostraría relación con tallos cortos y livianos (3, 10).

El objetivo de este trabajo es detectar la influencia de la densidad de siembra sobre la acumulación y redistribución de la materia seca, en tres cultivares de trigo de diferentes características agronómicas y sus efectos sobre el rendimiento y sus componentes.

MATERIALES Y METODOS

Los ensayos fueron conducidos en condiciones de campo, en la Chacra Experimental de Miramar (Subregión Ecológica IV), durante las campañas 1982/83 y 83/84. Al momento de la siembra, los análisis de suelo realizados dieron los siguientes resultados:

82/83: nitratos = 27 ppm; fósforo = 5.00 ppm
83/84: nitratos = 109 ppm; fósforo = 13.30 ppm;
carbono = 3.97%; materia orgánica = 6.80%.

Los cultivares de trigo utilizados fueron: Klein Toledo (K. Tol.), de germoplasma tradicional, tallo alto, bajo potencial de rendimiento y elevada aptitud para acumular proteínas en el grano; San Agustín INTA (S. Ag.), con germoplasma mejicano, tallo corto, buen potencial de rendimiento y alto índice de cosecha (I.C.), Marcos Juárez INTA (M. J.), con germoplasma mejicano, altura intermedia entre los otros dos cultivares y buen potencial de rendimiento.

En la campaña 82/83, las densidades usadas fueron: D₁: 350 pl/m²; D₂: 250 pl/m² y D₃: 140 pl/m². En la campaña 83/84: D₁: 360 pl/m²; D₂: 250 pl/m² y D₃: 120 pl/m². Las siembras se realizaron con una sembradora experimental a conos el 25-8-82 y el 6-8-83, respectivamente. El tamaño de parcelas fue de 1.40 m por 5.50 m de largo (7 surcos a 0.20 m) distribuidos según un diseño factorial en bloques al azar con cuatro repeticiones.

Durante el desarrollo del cultivo en la campaña 83/84, se realizaron cosechas de material sobre una

superficie de 0.10 m² por parcela, desechando las cabeceras y las dos hileras de bordura. Los cortes fueron efectuados en los siguientes momentos del cultivo: (1) macollaje, el 3/10; (2) post-antesis, el 15/11; (3) grano pastoso, el 2/12, y (4) madurez, cosechado el 3/1/84. Las plantas fueron arrancadas y divididas en las fracciones tallo, hoja y espiga. Se determinó la evolución del peso seco de las distintas fracciones y la pérdida de materia seca desde antesis hasta madurez. Para ello, las muestras fueron secadas a estufa a 70°C, durante 48 horas.

A la madurez, en ambas campañas, se cosechó el resto del material y se determinó: número de espigas por m² (No Esp/m²); biomasa aérea total; distribución de la materia seca en hoja, tallo, espiga, grano (I.C.) y rendimiento. Sobre un mínimo de 15 espigas por parcela se determinaron los componentes del rendimiento.

A la cosecha, se establecieron correlaciones entre todos los parámetros estudiados, según densidades y cultivares. Para determinar el efecto de la densidad de espigas sobre las correlaciones estudiadas, se agruparon los datos según si la muestra tuviese más o menos de 400 Esp/m² a madurez. Los datos fueron procesados mediante el análisis de la varianza y para la comparación de los promedios se usó el Test de Tuckey a nivel de 0.05 de probabilidades.

RESULTADOS

Las precipitaciones ocurridas durante el desarrollo del cultivo, en ambas campañas, se presentan en el Cuadro 1.

En la campaña 83/84, la producción de materia seca total, en macollaje, fue mayor en las densidades más elevadas y difirió también entre cultivares (Cuadro 2). En las menores densidades, el aumento observado en el peso por planta no alcanzó a compensar su bajo "stand" inicial. El efecto de la densidad sobre el número de macollas por planta varió según el cultivar, pero, el peso por macolla no fue modificado por la densidad. En esta etapa del cultivo, la observación del meristema apical mostró que los tres cultivares

Cuadro 1. Precipitaciones mensuales, durante las campañas 1982/83 y 1983/84. (mm).

	Julio	Agosto	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
82/83	83	30.5	69.00	146.5	47.5	110.0
83/84	37	156.5	61.30	75.5	105.0	108.5

estaban en estado reproductivo. El número de espiguillas iniciadas no fue afectado por la densidad pero varió entre cultivares (Cuadro 2).

En todas las densidades, la acumulación de materia seca total aumentó hasta grano pastoso (3er corte) y luego se mantuvo hasta la madurez (Fig. 1). El efecto de la densidad sobre la producción de biomasa aérea fue mayor en las etapas tempranas del cultivo y las mayores diferencias se observaron entre D_3 y las densidades más elevadas. Desde macollaje hasta madurez, se observó una disminución en el número de macollas/m² (Mac/m²), que fue del 39% en D_1 , 27% en D_2 y de 17% en D_3 y que estuvo relacionada con el número de macollas presentes en el primer corte. Entre cultivares, la mayor mortandad (32%), se observó en los cultivares de mayor altura (K. Tol. y M.J.) y la menor en S.Ag. (24%).

Durante el desarrollo del cultivo, la evolución del peso seco de las fracciones tallo y hoja fue modificado por la densidad (Fig. 2a). El peso de estos órganos disminuyó inmediatamente después de antesis en D_1 , mientras que en las densidades más bajas continuó aumentando hasta grano pastoso (3er corte).

Las pérdidas de peso seco de estas fracciones en postantesis fueron mayores en altas que en bajas densidades, tanto en valores absolutos como en porcentaje. Sin embargo, la densidad no afectó la contribución relativa de estos órganos a las pérdidas totales. En todos los casos, las pérdidas de materia seca fueron mayores en tallo (62-77% del total) que en hoja (27-38%) Klein Tol. mostró una mayor precocidad

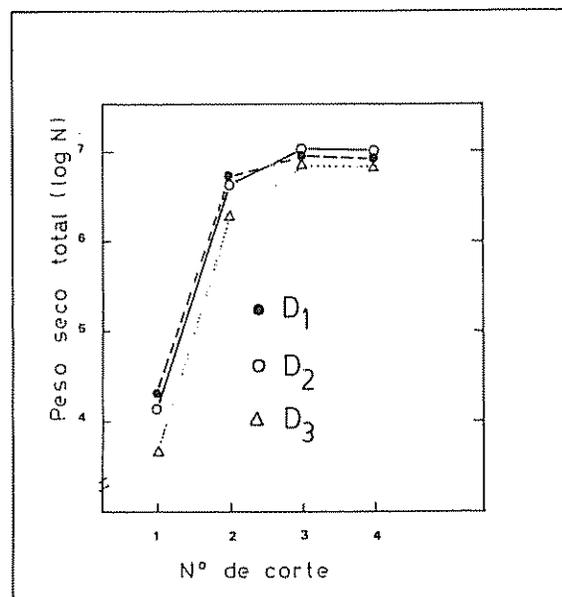


Fig. 1. Miramar 1983/84. Efecto de la densidad de siembra sobre la acumulación de materia seca total durante el desarrollo del cultivo.

en la disminución del peso seco de la hoja en postantesis, durante el período de crecimiento y llenado del grano (Fig. 2b). No se encontró asociación entre las pérdidas de materia seca y la altura de los cultivares.

En madurez, la producción de biomasa total y la distribución porcentual de cada fracción (hoja, tallo, espiga y grano) no fueron influenciadas por la densidad no obstante la menor altura observada en D_3

Cuadro 2. Influencia de la densidad y los cultivares sobre algunos parámetros relacionados con la producción de materia seca en macollaje (58 días de la siembra). Campaña 1983/84.

Tratamiento	Plantas por m ²	Macollas por m ²	Biomasa (g/m ²)	Peso por planta	Peso por macolla	No. de macollas por planta			No. de espiguillas iniciadas
						S.Ag.	M.J.	K.Tol.	
Densidad									
D_1	274 a*	698 a	76 a	0.28 b	0.11 a	2.15 b	2.99 a	2.63 c	17.10
D_2	183 b	600 a	63 b	0.35 a	0.11 a	2.80 b	3.63 a	3.65 b	17.50
D_3	99 c	413 b	39 c	0.40 a	0.09 a	3.77 a	3.77 a	5.03 a	17.50
Cultivar									
S. Ag.	185 a	488 b	63 a	0.37 a	0.13 a	—	—	—	19.30
M. J.	170 a	554 b	49 b	0.32 a	0.09 a	—	—	—	17.10
K. Tol.	202 a	669 a	66 a	0.35 a	0.10 a	—	—	—	15.70
var. x dens	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		**		—

* Los valores seguidos por la misma letra, no difieren significativamente entre sí, al nivel del 0.05 de probab.

(Cuadro 3). En los cultivares, en cambio, se observó una relación directa entre el No. Esp/m² y la producción de biomasa aérea total (Cuadro 4) pero no con el rendimiento.

El No Esp/m² a cosecha sólo se vio reducido en D₃, debido a que en D₁ y D₂ el mayor No. de Espigas/planta, compensó las diferencias en el No. pl/m² (Cuadro 3).

En madurez, no se encontró para ninguno de los parámetros estudiados, un comportamiento diferencial de los cultivares ante la densidad. La mutua compensación entre el peso por macollo fértil (p.m.f.) y el No. Esp/m² entre las densidades, enmascaró las diferencias en la producción de biomasa (Cuadro 3). Sin embargo, en altas densidades de espigas (≥ 400 Esp/m²), la producción de biomasa estuvo determinada principalmente por el No Esp/m² (Cuadro 5) mientras que, en bajas densidades de espigas (< 400), se correlacionó únicamente con el p.m.f. (r = 0.562*).

En los tres cultivares se halló una correlación negativa entre el No Esp/m² y el peso por espiga (Cuadro 4) tanto para alta como para baja densidad de espigas (Cuadro 5).

Si bien la densidad no se reflejó en variaciones importantes del rendimiento en grano, tuvo un efecto marcado sobre sus componentes (Cuadro 6). La dis-

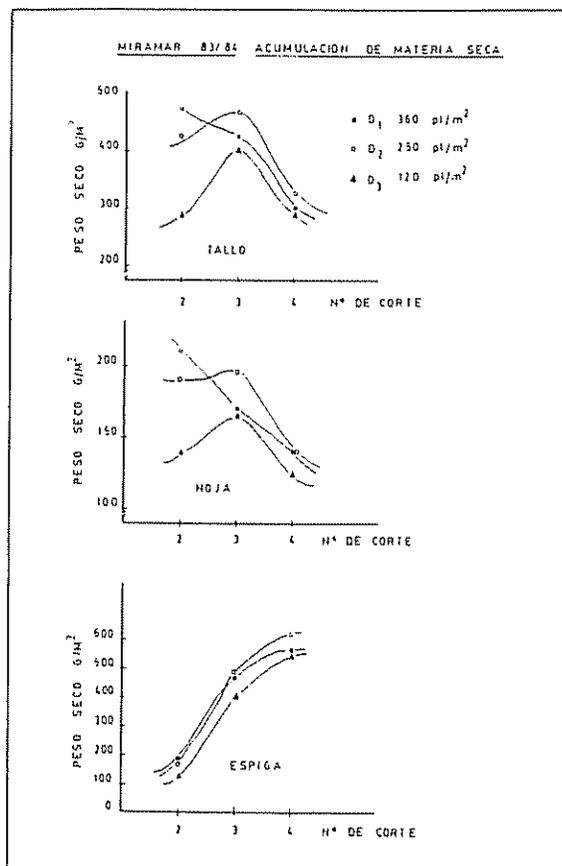


Fig 2a. Miramar 83/84. Efecto de la densidad de siembra sobre la acumulación de materia seca en distintos órganos de la planta, desde post-antesis, hasta madurez.

Cuadro 3. Efecto de la densidad y los cultivares sobre la producción y distribución de la materia seca en madurez. Campañas 1982/83 y 83/84.

Tratamiento	Esp/m ²	Esp/pl.	Altura (cm)	biomasa (g/m ²)	p.m.f. (g)	Distribución de materia seca (%)			Indice de cosecha (%)	
						hoja	tallo	espiga		
82/83	D ₁	440 a	1.92 a	84 a	987	2.26	16.00	29.0	55.0	40.4 a
	D ₂	460 a	2.13 a	80 ab	1.092	2.41	16.00	28.0	56.0	40.4 a
	D ₃	363 a	3.18 b	77 b	1.027	2.87	15.00	28.0	57.0	41.0 a
83/84	D ₁	424 a	1.87 a	87 a	1.008 a	2.37 a	13.20 a	30.5 a	56.3	43.5 a
	D ₂	436 a	2.52 b	87 a	1.082 a	2.52 a	12.80 a	30.4 a	56.8	45.2 a
	D ₃	342 b	3.47 c	84 b	969 a	2.86 b	13.00 a	29.7 a	57.3	42.3 a
Cultivares										
82/83	S.Ag	320 a	1.79 a	73 a	845	2.68	12.00	26.0	62.0	43.6 a
	M.J.	436 b	2.80 b	78 a	1.092	2.51	18.00	28.0	54.0	39.8 b
	K.Tol	506 b	2.65 b	90 b	1.168	2.36	16.00	32.0	52.0	38.4 b
83/84	S.Ag	373 a	2.35 a	76 a	984 a	2.69 a	12.30 b	26.8 a	60.9 a	46.4 a
	M.J.	376 a	2.50 ab	81 b	942 a	2.53 a	13.50 a	29.2 b	57.3 b	43.6 ab
	K.Tol	453 b	3.01 b	102 a	1.133 b	2.53 a	13.10 a	34.7 c	52.2 c	41.0 b

Cuadro 4. Correlación entre el No. Esp/m² y los parámetros relacionados con la materia seca en madurez. Influencia de los cultivares.

Cultivares	Parámetros (ver referencias al pie)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S. Ag	0.733**	0.409	0.297	-0.717**	-0.752**	-0.794**	-0.636*	-0.234	0.151	0.813**
M. J.	0.881**	0.255	-0.081	-0.518	-0.595*	-0.179	-0.284	-0.265	-0.278	0.845**
K. Tol.	0.788**	0.384	0.141	-0.712**	-0.729**	-0.600*	-0.724**	-0.501	0.010	0.864**

Referencias:

1) biomasa; 2) rendimiento; 3) índice de cosecha; 4) peso por macollo fértil; 5) peso por espiga; 6) No. de espiguillas fértiles por espiga; 7) No. de granos/espiga; 8) No. de granos/espiguilla; 9) peso de mil granos; 10) No. de granos/m².

$n = 12$ $P \geq 0.05 = 0.576$

$P \geq 0.01 = 0.708$

* = significativo al 0.05

** = significativo al 0.01

minución de la densidad determinó una espiga más pesada y larga, con mayor número de espiguillas fértiles por espiga (No. esp f./Esp). El número de granos por espiguilla (No. gr/esp.) resultó influenciado en la menor densidad (D_3) y en un solo año. No se hallaron diferencias significativas en el número de granos por m² (No. gr/m²) ni en el peso de mil granos (p.m.gr.). En altas densidades de espigas, el No. gr/m² dependió, principalmente, del No. Esp/m² (Cuadro 5) mientras que, en bajas densidades, fue determinado por el No. gr/Esp. ($r = 0.677^{**}$). En ambas condiciones se encontró una asociación inversa entre el No. gr/m² y el p.m.g., aunque ésta fue mayor en altas ($r = -0.753^{**}$) que en bajas densidades ($r = -0.628^{**}$).

En bajas densidades de espigas, un aumento en el No. Esp/m² estuvo asociado con una disminución en el No. esp f./Esp, No. gr/Esp y en el peso por espiga mientras que, en altas densidades, el único componente afectado fue el peso por espiga (Cuadro 5).

Entre cultivares, el mayor No. Esp/m² estuvo relacionado con el mayor No. de Esp/pl y se observó especialmente en el cv K.Tol. que fue también el que mostró mayor altura (Cuadro 3). S. Ag. se destacó por su mayor No. esp.f./Esp y gr/esp., lo que se tradujo en un mayor No. gr/Esp y un mayor peso de la misma (Cuadro 6). En los tres cultivares estudiados se encontró una correlación positiva entre el No. esp.f./Esp. y el peso de la misma (K.Tol. = 0.829**; M.J. = 0.766**; S.Ag. = 0.844**). Sin embargo, sólo en los cultivares con germoplasma mejicano se encontró una asociación entre el peso de la espiga y el No. gr/esp (M.J. = 0.585*; S.Ag. = 0.740**).

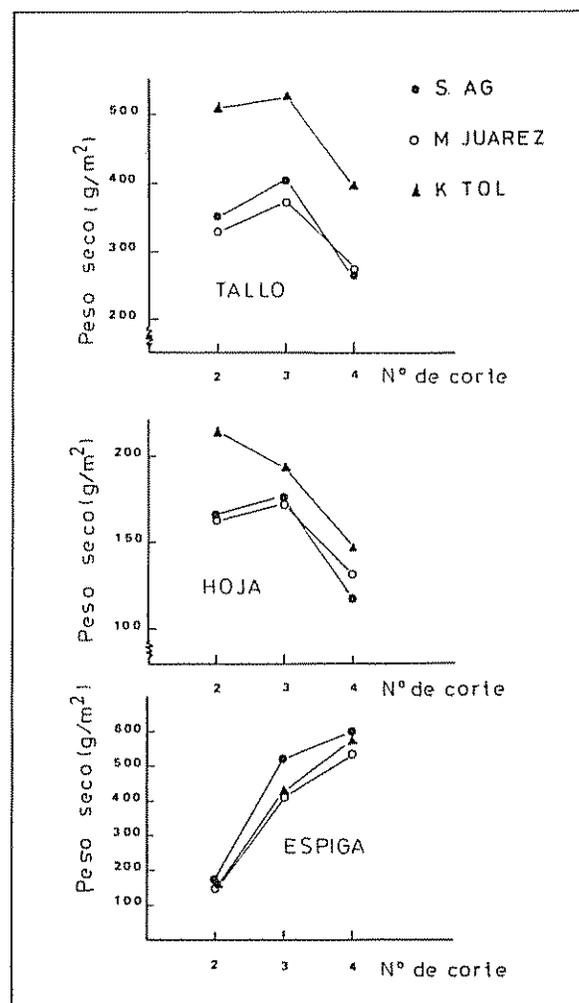


Fig. 2b. Miramar 83/84. Efecto de los cultivares sobre la acumulación de la materia seca en distintos órganos de la planta, desde post-antesis hasta madurez.

Cuadro 5: Correlación entre el No. de Espigas/m² en madurez y los parámetros relacionados con la materia seca, en dos condiciones de densidad de espigas.

No. Esp/m ²	Parámetros (ver referencias al pie)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
≥ 400	0.835**	-0.219	-0.433	-0.212	-0.509*	-0.039	-0.133	-0.274	-0.602**	0.786**
< 400	0.458	0.365	0.416	-0.474*	-0.520*	-0.541*	-0.539*	-0.358	0.382	0.246

Referencias: iguales que en el Cuadro 4

n = 18

P ≥ 0.05 = 0.468

P ≥ 0.01 = 0.590

DISCUSION

La influencia de la densidad de plantas sobre la producción de materia seca en macollaje, fue muy marcada. Esto puede atribuirse a que, en las etapas iniciales del desarrollo del cultivo, no actuando como limitantes el agua y los nutrimentos (25), el ritmo de crecimiento depende, principalmente, del índice de área foliar y de la mayor cantidad de luz interceptada por las plantas la cual es mayor en altas densidades (24). El mayor número de macollas y peso por planta, observados en las menores densidades, no alcanzó a compensar su bajo "stand" inicial de plantas, con pérdidas de aprovechamiento de la luz por falta de intercepción (8).

La menor supervivencia de macollas, observada en altas densidades, es atribuible a la competencia por luz, confirmando la importancia de la radiación durante el desarrollo de la inflorescencia (12), ya que las condiciones en que se desarrolló este ensayo permiten suponer que el agua y los nutrimentos no fueron limitantes.

La mayor mortandad de macollos observada en los cultivares más altos (M.J. y K.Tol.) coincide con el concepto de que la mayor altura puede aumentar la habilidad competitiva (10), pero, resulta un factor negativo en un cultivo monoespecífico (9) debido a su propia competencia por luz (18). En este sentido, el sombreado habría acentuado la competencia entre macollas y el tallo principal por hidratos de carbono (19) y las macollas más jóvenes habrían muerto porque son incapaces de competir con el tallo principal por nutrimentos (26).

Independientemente de los cultivares y densidades, el máximo peso seco total se alcanzó en postantesis, lo cual coincide con los resultados de Rawson y Evans (29) y Verona *et al* (38). Sin embargo, es sabido que la competencia entre plantas por luz comienza antes

en altas que en bajas densidades (5, 7, 8, 10). En este ensayo, las pérdidas de peso seco de tallos y hojas en postantesis no sólo comenzaron antes en altas densidades sino que ellas fueron cuantitativa y proporcionalmente mayores que en bajas densidades. Esto coincide con la mayor duración del área foliar encontrada en bajas densidades (4, 23). En altas densidades, por el contrario, el aumento de la competencia interplanta por luz reduciría la fotosíntesis y forzaría a una mayor remobilización de hidratos de carbono hacia la espiga (29). Si bien esta remobilización en condiciones normales es baja (27, 35), es sabido que la importancia relativa de la movilización de las reservas aumenta con la densidad (38).

Sin embargo, las pérdidas de materia seca de las estructuras vegetativas en postantesis, no pueden atribuirse, en su totalidad, a la traslocación de metabolitos al grano (11). La respiración podría explicar desde un 25 a un 60% de las disminuciones de peso de esas estructuras (1, 2, 27, 29, 34). En igualdad de condiciones ambientales, estos valores pueden ser influenciados por la densidad y el cultivar. En este sentido, los cultivos más densos no interceptarían más radiación solar durante el llenado del grano que los cultivos menos densos, aunque la respiración del cultivo sería mayor (15). Thorne (37) encontró que la cantidad de ¹⁴C traslocada desde el tallo, entre antesis y madurez, fue un 50% mayor en el cultivar de menor altura. No obstante, los resultados obtenidos en estos ensayos no mostraron asociación entre los porcentajes de materia seca traslocada y la altura, coincidiendo con Rawson y Evans (29).

La poca variación observada entre densidades, en la contribución relativa del tallo y la hoja a las pérdidas totales, demostraría que el sombreado no afectó la partición de la materia seca. Ello puede atribuirse a que la espiga no tiene preferencia sobre el tallo como destino, cuando hay déficit de fotosíntesis (16, 30). Esto también se observó en madurez,

Cuadro 6. Efecto de la densidad de siembra, y los cultivares sobre el rendimiento y sus componentes. Campaños 1982/83 y 83/84.

Años de siembra	Tratam.	Rendim. (kg/ha)	Espiga		No. de granos			p.m.g. (g)	
			peso (g)	largo (cm)	No. esp. fért.	por espiga	x espiguilla x m ²		
82/83	D ₁	3 258 a*	1 56 b	7 80 b	13 90 b	29 40 b	2 10 a	12 821 a	38 00 a
	D ₂	3 310 a	1 57 b	8 10 b	14 00 b	30 10 b	2 13 a	13 750 a	37 60 a
	D ₃	2 958 b	1 85 a	8 70 a	15 20 a	34 80 a	2 28 a	12 422 a	37 80 a
83/84	D ₁	3 797 a	1 51 b	6 70 a	13 60 a	26 80 b	1 97 a	11 379 a	42 60 a
	D ₂	3 634 a	1 57 b	7 20 b	14 30 b	29 30 b	2 05 ab	12 758 a	40 95 a
	D ₃	3 232 a	1 74 a	7 65 c	15 40 c	32 40 a	2 10 b	10 905 a	40 46 a
Cultivares									
82/83	S Ag.	2 987 a	1 93 a	8 43 a	15 44 a	36 50 a	2 34 a	11 551 a	37 60 a
	M.J.	3 243 b	1 54 b	8 33 a	13 90 b	28 70 b	2 06 b	12 821 a	38 60 a
	K.Tol.	3 297 b	1 52 b	7 77 b	13 80 b	29 10 b	2 11 b	14 621 a	37 30 a
83/84	S Ag.	3 605 a	1 75 a	7 24 a	15 60 a	32 20 a	2 06 a	11 819 ab	40 90 a
	M.J.	3 424 a	1 56 b	7 34 a	13 80 b	27 60 b	1 99 a	10 287 b	42 90 a
	K. Tol.	3 634 a	1 50 b	6 96 a	14 00 b	28 90 b	2 07 a	12 936 a	40 30 a

* Los valores seguidos por la misma letra, no difieren significativamente entre sí, al nivel del 0.05 de probabilidades.

donde tampoco se encontró un efecto de la densidad sobre la distribución de la materia seca (I.C.), lo cual coincide con Fischer y Kertesz (14). Sin embargo, estos resultados discrepan con las variaciones debida a la densidad, encontradas en el I.C., por otros autores (6, 38). Es probable que ello se deba a que en este trabajo, no se superó la densidad correspondiente al máximo rendimiento en grano, por encima del cual el I.C. disminuiría con el aumento en la densidad (10).

Entre cultivares, el I.C. estuvo inversamente correlacionado con la altura y el % de materia seca de la fracción tallo, relación encontrada ya por otros autores (3, 10, 32). Este comportamiento aparece como una característica de los cultivares modernos.

En madurez, la densidad influyó negativamente sobre el tamaño de la espiga, coincidiendo con Darwinkel (6), siendo el componente más afectado el No. esp.f/Esp. El efecto de la densidad sobre este parámetro se podría atribuir a la acción negativa de la competencia durante el desarrollo de la espiga, ya que el No. espiguillas iniciadas no fue modificada por la densidad. Por lo tanto, el mayor No. esp.f/Esp., encontrado en bajas densidades, no se habría debido a una mayor disponibilidad de nitrógeno cercano al estado de "doblo lomo" (20) ni a un mayor período de desarrollo de la espiga (28).

El hecho que el No. esp.f/Esp., sólo fuese afectado por la densidad de espigas, cuando ésta fue menor de 400, demostraría que la plasticidad de este componente quedaría limitada a bajas densidades. Dentro de cada uno de los tres cultivares, el peso de la espiga estuvo determinado por el No. esp.f/Esp. Sólo en los dos cultivares con germoplasma mejicano, también dependió del No. gr/esp. lo cual exaltaría la importancia que tiene este componente en los cultivares modernos (3).

A pesar de no hallarse diferencias entre densidades en el p.m.g. y el No. gr/m², la asociación entre estas dos variables fue negativa, posiblemente debido a un aumento de la competencia intergranos en post-antesis (15). Esta competencia habría sido más acentuada en altas densidades, lo que explica la mayor correlación encontrada entre estos parámetros en esa condición.

En este trabajo no se encontró, tanto para altas como para bajas densidades de espigas, la correlación negativa entre el No. gr/m² y el rendimiento, citada por varios autores (12, 21, 38). Es posible que ello se deba a la precoz senescencia observada en las densidades más elevadas pues esta correlación existe solamente cuando los factores ambientales no interfieren con la duración del área foliar (33). Las reducidas diferencias encontradas en el No. gr/m² y en el

rendimiento en grano, para las densidades estudiadas, podrían atribuirse a que la menor duración del área foliar, en altas densidades, habría sido compensada en parte por un aumento en la proporción de los hidratos de carbono trasladados al grano. Por otro lado, la capacidad receptiva de los granos de trigo pudo, en ese momento, haber sido menor que la capacidad fotosintética, en postantesis, del tallo que la soporta (36)

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las condiciones en que se desarrollaron los ensayos, los cultivares utilizados y el rango de densidades exploradas, se concluye que:

- Las altas densidades determinan una mayor producción inicial de biomasa la cual se compensa más tarde por la mayor mortandad de macollas debida a la competencia, sobre todo por luz. Esta se acentúa con la altura del cultivar.
- En las mayores densidades, la traslocación de fotosintatos a la espiga, desde las estructuras vegetativas (tallo y hoja), comienza antes y es más elevada que en bajas densidades.
- En postantesis, las pérdidas de materia seca de hoja y tallo no se encuentran asociadas con la altura del cultivar, carácter que no determina una mayor dependencia en el aporte de las reservas hacia la espiga.
- La mayor densidad determina un aumento en la altura de planta pero no afecta significativamente la producción y distribución de la materia seca en madurez.
- El No. esp.f./Esp. es el componente más sensible al cambio de densidad, sobre todo, en bajas densidades.
- Entre cultivares, el peso seco de la espiga se relaciona principalmente con el No. esp.f./Esp. y con el No. gr/esp., carácter éste de mayor trascendencia en los cultivares más modernos.
- Las densidades más elevadas determinan una senescencia más anticipada, la cual puede ser compensada, en parte, por un aumento en la traslocación de fotosintatos hacia el grano no afectando el rendimiento en grano.

LITERATURA CITADA

1. ARCHBOLD, H.K. 1945. Some factors concerned in the process of starch storage in the barley grain. *Nature* (London) 156:70-73.
2. AUSTIN, R.B.; EDRICH, J.A.; FORD, M.A.; BLACKWELL, R.A. 1977. The fate of the dry matter, carbohydrates and C₁₄ lost from the leaves and stems of wheat during grain filling. *Ann. Bot.* 41:1 309-1 321.
3. AUSTIN, R.B.; BINGHAM, J.; BLACKWELL, R.D.; EVANS, I.T.; FORD, M.A.; MORGAN, C.L.; TAYLOR, M. 1980. Genetic improvements in winter wheat since 1900 and associated physiological changes. *Journal Agricultural Science* 94:675-689
4. BAGGA, A.K.; TOMAR, O.P.S. 1981. Growth and yield of short strawed wheats under commercial planting densities. *Indian Journal of Plant Physiology* 24(3):255-268.
5. DARWINKEL, A. 1978. Patterns of tillering and grain production of winter wheat at a wide range of plant densities. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 26:383-398
6. DARWINKEL, A. 1979. Ear size in relation to tiller emergence and crop density. *Crop physiology and cereal breeding. In Proceedings of a Eucarpia Workshop.* Ed. by J.H. J. Spiertz, Th Kramer. Wageningen, Centre Agric. Publ. Doc. 186 p
7. DARWINKEL, A. 1980. Ear development and formation of grain yield in winter wheat. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 28:156-163
8. DONALD, C.M. 1963. Competition among crop and pasture plants. *Advances in Agronomy* 15:1-118.
9. DONALD, C.M. 1986. The breeding of crop ideotypes. *Euphytica* 17:385-403.
10. DONALD, C.M.; HAMBLIN, J. 1976. The biological yield and harvest index of cereals as a agronomic and plant breeding criteria. *Advances in Agronomy* 28:361-405.
11. EVANS, I.T.; WARDLAW, I.F. 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. *Advances in Agronomy* 28:301-359.

- 12 EVANS, L.T. 1978. The influence of irradiance before and after anthesis on grain yield and its components in microplots of wheat grown under a constant day length and temperature regime. *Field Crops Research* 1:5-19.
- 13 FISCHER, R.A. 1975. Yield potential in a dwarf spring wheat and the effect of shading. *Crop Science* 15:607-613.
- 14 FISCHER, R.A.; KERTESZ, Z. 1976. Harvest index in spaced populations and grain weight in microplots as indicators of yielding ability in spring wheat. *Crop Science* 16:55-58.
- 15 FISCHER, R.A.; AGUILAR, I.; LAING, D.R. 1977. Post-anthesis sink size in a high-yielding dwarf wheat: yield response to grain number. *Australian Journal of Agricultural Research* 28:165-175.
- 16 FISCHER, R.A.; STOCKMAN, Y.M. 1980. Kernel number per spike in wheat (*T. aestivum* L.) responses to preanthesis shading. *Australian Journal of Plant Physiology* 7:169-180.
- 17 FRIEND, D.J.C. 1965. Ear length and spikelet number of wheat grown at different temperatures and light intensities. *Canadian Journal of Botany* 43:345-353.
- 18 HAMBLIN, J.; DONALD, C.M. 1974. The relationship between plant form, competitive ability and grain yield in a barley cross. *Euphytica* 23:535-542.
- 19 KEMP, D.R.; WHINGWIRI, E.E. 1980. Effect of tiller removal and shading on spikelet development and yield components of the main shoot of wheat and on the sugar concentration of the ear and flag leaf. *Australian Journal of Plant Physiology* 7:501-510.
- 20 LANGER, R.H.M.; LIEW, F.K.Y. 1973. Effects of varying nitrogen supply at different stages of the reproductive phase on spikelet and grain production and grain nitrogen in wheat. *Australian Journal of Agriculture Research* 24:647-656.
- 21 MAGRIN, G.; SENIGAGLIESI, C.; FRUTOS, E. 1983. Análisis de la variación del rendimiento y sus componentes en trigo, bajo diferentes densidades de siembra y dosis de fertilizante nitrogenado. Pergamino EERA INTA. (Informe Técnico no 190)
- 22 MIKESSELL, M.E.; PAULSEN, G.M. 1971. Nitrogen translocation and the role of individual leaves in protein accumulation in wheat grain. *Crop Science* 11:919-922.
- 23 MOHIUDDIN, S.H.; CROY, L.I. 1980. Flag leaf and peduncle area duration in relation to winter wheat grain yield. *Agronomy Journal* 72:299-301.
- 24 PUCKRIDGE, D.W. 1962. Thesis. University of Adelaide Australia Dept. Agronomy.
- 25 PUCKRIDGE, D.W.; DONALD, C.M. 1967. Competition among wheat plants sown at a wide range of densities. *Australian Journal of Agricultural Research* 18:193-211.
- 26 PUCKRIDGE, D.W. 1968. Competition for light and its effect on leaf and spikelet development of wheat plants. *Australian Journal of Agricultural Research* 19:191-211.
- 27 RAWSON, H.M.; HOFFSTRA, G. 1969. Translocation and remobilisation of C_{14} assimilated at different stages by each leaf of the wheat plant. *Australian Journal of Biological Science* 22:321-331.
- 28 RAWSON, H.M. 1970. Spikelet number, its control and relation to yield per ear in wheat. *Australian Journal of Biological Science* 23:1-15.
- 29 RAWSON, H.M.; EVANS, L.T. 1971. The contribution of stem reserves to grain development in a range of wheat cultivars of different height. *Australian Journal of Agricultural Research* 22:851-863.
- 30 RAWSON, H.M.; BAGGA, A.K. 1979. Influence of temperature between floral initiation and flag leaf emergence on grain number in wheat. *Australian Journal of Plant Physiology* 6:391-400.
- 31 RUCKENBAUER, P. 1975. Photosynthetic and translocation pattern in contrasting winter wheat varieties. *Annals of Applied Biology* 79:351-359.
- 32 SINGH, I.D.; STOSKOPF, N.C. 1971. *Agronomy Journal* 63:224.
- 33 SPIERTZ, J.H.J. 1978. Grain production and assimilate utilization of wheat in relation to cultivar characteristics, climate factors and nitrogen supply. *Agricultural Research Rep.* 881:1-29.
- 34 STOY, V. 1965. Photosynthesis, respiration and carbohydrate accumulation in spring wheat in relation to yield. *Physiologia Pl. Suppl.* 4:1-125.
- 35 STOY, V. 1979. The storage and re-mobilization of carbohydrates in cereals. *Crop physiology and cereal breeding*. In *Proceedings of a Eucarpia Workshop*. Ed by J.H.J. Spiertz, Th. Kramer. Wageningen, Centre Agric. Publ. Doc. 186 p.
- 36 THORNE, G.N. 1966. Physiological aspects of grain yield in cereals. *The Growth of Cereals and Grasses*. Butterworths, London. p. 88-105.
- 37 THORNE, G.N. 1982. Distribution between parts of the main shoot and the tillers of photosynthate produced before and after anthesis in the top three leaves of main shoots of Hobbit and Maris Huntsman winter wheat. *Annals of Applied Biology* 101:553-559.

- 38 VERONA, C.A.; LOFFLER, C.M.; FERNANDEZ, O.N. 1980 Efecto de la densidad de plantas sobre el rendimiento y la distribución del nitrógeno en "T. durum" Desl. Revista de Inv. Agropecuarias (Arg.) 15(1):75-95
- 39 WARDLAW, I.F. 1970 The early stages of grain development in wheat response to light and temperature in a single variety. Australian Journal of Biology Science 23:765-774.
40. YOSHIDA, S. 1972. Physiological aspects of grain yield. Annual Review of Plant Physiology 23:437-464.

Evaluation of Soybean Lines for Drought Tolerance and the Influence of Water Availability on Cookability¹

O.D. Mwandemele*, A. Doto**

ABSTRACT

Thirty soybean germplasm lines were evaluated for drought tolerance and the influence of water availability on cookability was studied. Genetic variation among lines was observed for most characters studied. Water availability appeared to have affected the number of pods per plants, beans per pod, days to 95% maturity, bean yield and cookability. The importance of screening of existing germplasm lines and selection of suitable lines for use in drought-affected areas is discussed.

INTRODUCTION

Drought is a major limiting factor on crop yields. Soybean experiments have shown that it is sensitive to water stress in the post-flowering rather than pre-flowering period (9). Varietal differences in susceptibility to water stress were reported by Mederski *et al.* (4), indicating the possibility of selecting drought-resistant lines for areas of limited water supply. For countries like Tanzania, which consists of different agroecological zones, with high frequencies of drought spells in some zones, breeding and selection of soybeans for the different zones becomes important. Because of limited resources, screening of germplasm lines for drought-tolerant lines takes priority over searching for resources to mount an intensive breeding programme, since it is a quicker way of providing the needed varieties to farmers.

¹ Received for publication 24 April 1987.

* Department of Botany, University of Dar es Salaam, P.O. Box 35060 Dar es Salaam - Tanzania

** Department of Crop Science, Sokoine University of Agriculture, P.O. Box 3005, Morogoro - Tanzania

COMPENDIO

Se evaluaron treinta líneas de germoplasma de soya por tolerancia a la sequía; a la vez, se estudió la influencia de la disponibilidad de agua en la capacidad de cocción de esas líneas. Se registró la variación genética entre líneas para varias características estudiadas. Pareciera que la disponibilidad de agua afectó el número de vainas por planta, semillas por vaina, número de días a 95% de madurez, rendimiento de grano y capacidad de cocción. Se discute la importancia de seleccionar (por "tamizado") el germoplasma existente así como la determinación de cuáles líneas se deben utilizar como progenitoras, en programas de mejoramiento que se lleven a cabo en áreas afectadas por la sequía y en donde ésta sea un factor limitante de la producción.

Whereas the effect of water stress on such important traits as yield, protein and oil are fairly well studied (2, 5), there is no information available in the literature on the influence of drought on the cookability of soybeans. This study was undertaken in order to provide information on the influence of water availability during growth on the cooking quality of soybeans, in addition to providing information on the variability for drought tolerance among germplasm lines used in the soybean crop improvement programme.

MATERIALS AND METHODS

Evaluation of soybean lines for drought tolerance was achieved by growing the plants under simulated drought-stressed conditions in field experiments at Morogoro during the dry season. Three identical experiments were set up, each with two replications. In one experiment, the plants were irrigated once every five days, in the second every ten days, and in the third plants were irrigated every 14 days. Plant rows in each plot were 2.0 m long, and were 0.75 m