

Crecimiento de Trigo (*Triticum aestivum*) y su Interferencia con Malezas. I. En Dos Sistemas de Rotación de Cultivos de Grano¹

ALEJANDRO LYONNET, FABIO VIGLIECCA Y AMALIA RIOS²

Resumen. En 1963 se instaló en la Estación Experimental INIA-La Estanzuela un experimento de sistemas de rotaciones agrícolas, con el objetivo de evaluar los cambios en los factores abióticos y bióticos que afectan la productividad. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de dos sistemas de rotación de cultivos de cereales en el crecimiento del trigo y su capacidad de interferencia con las malezas. Los sistemas seleccionados tienen la misma secuencia de cultivos: trigo, sorgo, cebada y siembra directa de girasol, el sistema 1 sin fertilización, y el 2 con fertilizantes nitrogenados y fosfatados. En cada sistema se realizaron dos tratamientos: con y sin control químico de malezas. Se efectuaron diez cosechas de plantas enteras del cultivo y de las malezas, a partir de los 35 días post siembra cada 15 días. En el sistema 1 se registraron los menores valores de materia seca de planta, de parte aérea, área y peso foliar, peso radical, y de sus respectivas tasas de crecimiento, así como de las tasas de asimilación neta, probablemente debido a la menor fertilidad y pobre estructura del suelo en este sistema. Debido a los niveles despreciables de enmalezamiento registrados, no se determinaron efectos de interferencia para ninguna de estas variables en este sistema. En el sistema 2 se cuantificaron aumentos en respuesta a la eliminación de las malezas solamente en peso radical. Las razones de área y peso foliar disminuyeron con la ontogenia del cultivo, mientras que el área foliar específica se redujo en las primeras semanas, aumentando con la expansión de la hoja bandera en ambos sistemas. Se determinaron aumentos de rendimiento del orden de 2.4:1 a favor del sistema 2. El bajo nivel de enmalezamiento en los sistemas y la incidencia de *Fusarium* spp. posiblemente condicionaron las respuestas obtenidas. Nomenclatura: clorsulfurón, 2-cloro-N(4-metoxi-6-metil-1,3,5-triazina-2-il) aminocarbonil bencenosulfamida; rábano, *Raphanus raphanistrum* L. #³ RAPRA; girasol, *Helianthus annuus* L.; cebada, *Hordeum vulgare* L.; sorgo, *Sorghum vulgare* L.; trigo, *Triticum aestivum* L., # TRZAX «Pelón 90».

Palabras clave: competencia, RAPRA.

Abstract. In 1963 an experiment on agricultural rotation systems was installed in the INIA-La Estanzuela Experimental Station. Its aim was to evaluate the changes in those biotic and abiotic factors which affect productivity. The objective of this study was to evaluate the effects of two cereal crops rotation systems in the growth of wheat and its interference capacity with weeds. The selected systems have the same crop sequence: wheat, sorghum, barley and direct drill sunflower, system 1 remains unfertilized, and system 2 is given nitrogen and phosphate fertilizers. Two treatments were done in each system: with and without chemical weed control. Ten harvests of entire crop and weed plants were made since 35th day after sowing, every 15 days. System 1 registered the lowest: dry matter plant weights, aerial part weights, leaf areas, leaf weights, root weights, and their respective growth rates, as well as net assimilation rates. This situation is probably due to low fertility and poor soil structure of this system. Due to a poor weed population level, no interference effects were determined for these variables in this system. In system 2, increases only for root weight were observed when weeds were controlled. Leaf

¹Este trabajo formó parte de la tesis de grado de los dos primeros autores.

²INIA-La Estanzuela, 70000, Colonia, Uruguay.

³Las letras que siguen a este símbolo son un código de computadora aprobado por la WSSA extraído de Composite List of Weeds. Revisado 1989: Disponible en WSSA, 1508 West University Avenue, Champaign, IL 61821-3133.

⁴Abreviaturas: S1, sistema 1; S2, sistema 2; CH, con herbicidas; SH, sin herbicidas; W_t, producción de materia seca total; W_{pa}, de la parte aérea; W_f, de la hoja; W_{pr}, de la raíz; C_t, tasas de crecimiento medio de planta; C_{pa}, de la parte aérea; C_{pr}, del sistema radical; C_A, del área foliar; E_A, tasa de asimilación neta; F_A, razón de área foliar; F_w, razón de peso foliar; S_A, área foliar específica.

area and weight ratios decreased with the ontogeny of the crop, while specific leaf area diminished during the first weeks, increasing with the expansion of the flag leaf in both systems. Increases in grain yield of about 2.4:1 were determined in system 2 compared to system 1. The poor weed population levels and the incidence of *Fusarium* spp. in both systems, possibly conditioned the responses obtained. Nomenclature: chlorsulfuron, 2-chloro-N(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazine-2-yl) aminocarbonyl benzensulfamide; wild radish, *Raphanus raphanistrum* L. # RAPRA; sunflower, *Helianthus annuus* L.; barley, *Hordeum vulgare* L.; common sorghum, *Sorghum vulgare* Pers.; wheat, *Triticum aestivum* L. # TRZAX «Pelón 90».

Additional index words: competition; RAPRA.

INTRODUCCION

En la Estación Experimental INIA-La Estanzuela, se instaló en 1963 un experimento de sistemas de rotación de cultivos y pasturas, que permitiría implementar y perfeccionar los sistemas agrícola-ganaderos en nuestro país. El estudio de estos diferentes sistemas y la forma en que afectan la productividad de los cultivos posibilita la planificación de sistemas de producción que maximicen su productividad y sustentabilidad en el corto y largo plazo.

Los distintos sistemas de manejo determinan un conjunto de alteraciones químicas, físicas y biológicas en el suelo que producen diferentes efectos en el crecimiento del cultivo, así como en la incidencia de malezas, plagas y enfermedades. La característica del suelo más afectada por el manejo sin lugar a dudas es la materia orgánica, la cual se puede considerar un índice de la productividad potencial por constituirse el reservorio de la nutrición nitrogenada de los cultivos, y por afectar marcadamente las propiedades físicas del suelo. Las diversas alteraciones producidas por los sistemas determinan respuestas morfo-fisiológicas variables entre los cultivos y las malezas, tanto en los efectos competitivos como alelopáticos.

Todos estos cambios pueden ser determinados a través de análisis directos del suelo y/o por las respuestas de las plantas a las condiciones edáficas. En este trabajo se evalúan las alteraciones inducidas por las rotaciones, utilizando las plantas como elemento de evaluación bajo condiciones de campo. Las propiedades esenciales que controlan la ecología de una especie sólo pueden ser detectadas estudiándolas en competencia y su comportamiento en aislación puede ser irrelevante para comprender su comportamiento en la comunidad (6). El objetivo de este trabajo es determinar los efectos de dos sistemas de agricultura continua de cultivos de cereales con y sin fertilización en el crecimiento del trigo y su capacidad de interferencia con las malezas.

MATERIALES Y METODOS

El experimento de los sistemas de rotación fue iniciado en la Estación Experimental INIA-La Estanzuela en el año 1963. El suelo es un Brunosol éutrico a sub-éutrico típico de suave a moderadamente ondulado (2-4 % de pendiente); las características químicas de éste en los dos sistemas de rotación se describen en el Cuadro 1. El suelo tenía previo a la instalación de los sistemas un uso agrícola de aproximadamente sesenta años.

Cuadro 1. Características Químicas del Suelo en los Dos Sistemas de Rotación (fecha muestreo 17/V/93).

CARACTERISTICAS	S 1 ^a	S 2 ^a
pH (H ₂ O)	6.20	6.00
C orgánico (%)	1.50	1.64
N total (%)	0.13	0.14
P (P-Bray I, µg g ⁻¹)	2.70	19.20
K (meq 100 g ⁻¹)	0.81	0.68

Los sistemas seleccionados, 1 y 2, se presentan en el cuadro 2. Ambos sistemas son una rotación continua de cultivos para grano. El sistema 1 no se fertiliza, en tanto el 2 recibe fertilizantes nitrogenados y fosfatados.

Cuadro 2. Descripción de los Sistemas de Rotación.

SISTEMA	DESCRIPCION
1	Agricultura continua con cultivos de grano (trigo, sorgo, cebada y siembra directa de girasol), sin fertilización.
2	Agricultura continua con cultivos de grano (trigo, sorgo, cebada y siembra directa de girasol), con fertilización.

En el Cuadro 3 se detalla el uso del suelo en los dos sistemas de rotación a partir de la instalación del experimento en 1963.

En ambos sistemas el trigo fue sembrado el 1° de julio de 1993 a una densidad de 110 kg há⁻¹, utilizándose el cultivar Pelón 90. Cada sistema de rotación está representado por una parcela de 5000 m² (200*25 m), y en cada una se realizaron dos tratamientos: con (CH)⁴ y sin herbicidas (SH)⁴. El herbicida se aplicó el 13 de agosto, utilizándose Clorsulfurón a una dosis de 0,015 kg ia há⁻¹.

Las cosechas se efectuaron a intervalos de 15 días, durante todo el ciclo del cultivo. En total se realizaron 10 cosechas, cada una con seis repeticiones. En cada una de éstas se muestrearon las plantas enteras en un metro de hilera asignado al azar, extrayéndose su sistema radical a 0.2 m de

Cuadro 3. Uso del Suelo en los Dos Sistemas de Rotación en los Períodos 1963-1983 y 1983-1993.

SISTEMA	PERIODO	INTENSIDAD (Nº cult. por año)	USO DEL SUELO (%)		
			Laboreo	Pasturas	Cultivos
1	63-83	1.00	52	0	48
	83-93	1.33	42	0	58
2	63-83	1.00	52	0	48
	83-93	1.33	42	0	58

profundidad. Además se registraron las especies de malezas situadas a ambos lados del metro de hilera y se contaron las poblaciones, extrayéndolas para determinar su peso seco. De cada planta de trigo se separaron hojas, tallos, raíces y espigas, efectuándose mediciones de área foliar con el aparato DELTA-T AREA METER. Las muestras se secaron en estufa de ventilación forzada a 75° C hasta peso constante, para después pesarlas y obtener así la materia seca de todas las partes de la planta. En el último muestreo se trillaron las espigas y se determinó el rendimiento de grano.

Cuadro 4. Estadio Fenológico del Cultivo en Cada Cosecha Según la Escala Decimal de Zadoks.

COSECHA	FECHA	ESTADIO FENOLOGICO	ESTADIO ESCALA ZADOKS
1	4/VIII	Tres Hojas	Z ₁₃
2	17/VIII	Seis Hojas	Z ₁₆
3	1/IX	Tallo Principal y Tres Macollos	Z ₂₃
4	16/IX	Primer Nudo Detectable	Z ₃₁
5	28/IX	Tercer Nudo Detectable	Z ₃₃
6	12/X	Inicio de Embuche	Z ₄₃
7	25/X	Emergencia de la Espiga Completa	Z ₅₉
8	10/XI	Antesis Completa	Z ₆₉
9	24/XI	Grano Pastoso	Z ₈₅
10	8/XII	Grano Duro	Z ₉₂

A partir de la materia seca de las distintas partes de la planta fueron calculadas la producción de materia seca total (W_t)⁴, de la parte aérea (W_{pa})⁴, de la hoja (W_l)⁴ y de la raíz (W_{pr})⁴. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza.

Según Radford (13), fueron calculadas las tasas de crecimiento medio de planta (C_t)⁴, de la parte aérea (C_{pa})⁴, del sistema radical (C_{pr})⁴ y del área foliar (C_A)⁴ en dos períodos de crecimiento: de la primera a la tercera cosecha, y de ésta a la sexta cosecha. Las ecuaciones empleadas fueron del tipo usado para calcular la tasa de crecimiento medio de planta en el intervalo de tiempo (t_2-t_1):

$$C = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}, \text{ donde } W_2 \text{ y } W_1 \text{ son las materias secas en los tiempos } t_2 \text{ y } t_1 \text{ respectivamente.}$$

Fueron calculadas las tasas de crecimiento medio relativo de planta (R_w) y área foliar (R_A), con la ecuación:

$$R_w = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1} \text{ donde } W_2 \text{ y } W_1 \text{ son las materias secas en los tiempos } t_2 \text{ y } t_1 \text{ respectivamente.}$$

$$R_A = \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{t_2 - t_1} \text{ donde } A_2 \text{ y } A_1 \text{ son las áreas foliares en los tiempos } t_2 \text{ y } t_1 \text{ respectivamente.}$$

Para estimar la tasa de asimilación neta (E_A), según el valor de $\alpha = R_w/R_A$, se utilizó la fórmula:

$$E_A = \frac{W_2 - W_1}{A_2 - A_1} \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{t_2 - t_1} \text{ cuando } \alpha = 0,5 \text{ a } 1,5$$

$$E_A = \frac{2(W_2 - W_1)}{(A_2 - A_1)(t_2 - t_1)} \text{ cuando } \alpha = 1,5 \text{ a } 2,5$$

La razón de área foliar (F_A)⁴, la razón de peso foliar (F_w)⁴ y el área foliar específica (S_A)⁴ fueron determinadas a partir de valores instantáneos de A_f , W_f y W_t , y empleadas en las ecuaciones $F_A = A_f/W_t$; $F_w = W_f/W_t$ y $S_A = A_f/W_f$, de acuerdo con Radford (13).

En el análisis de crecimiento del cultivo se utilizó la escala decimal para los estadios fenológicos de cereales propuesta por Zadoks, Chang and Konzak (19) (Cuadro 4).

El diseño experimental fue de parcelas al azar, en esquema factorial de 2 sistemas de rotación por 2 tratamientos de interferencia por 10 cosechas, con 6 repeticiones.

Los registros de precipitaciones y temperatura durante el año de realización del experimento se detallan en las Figuras 1 y 2.

RESULTADOS Y DISCUSION

Al realizar el análisis estadístico por separado de los sistemas se determinó que las varianzas de las distintas variables estudiadas eran diferentes, por lo que se analizaron separadamente.

El cultivo en el sistema 1 presentó los menores valores de W_t y W_{pa} (Figura 3). C_t y C_{pa} tuvieron una tendencia similar a la de W_t en ambos sistemas, debida a las diferencias nutricionales entre ellos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Tasas de Crecimiento Medio Total y de Parte Aérea del Cultivo en los Dos Sistemas en Dos Períodos de Crecimiento.

	TOTAL			PARTE AEREA		
	— kg MS há ⁻¹ d ⁻¹ —			— kg MS há ⁻¹ d ⁻¹ —		
COSECHA	S 1	S 2	S 2:S1	S 1	S 2	S 2:S 1
1 3	3.1	16.6	5.4	2.1	13.1	6.2
3 - 6	18.8	92.3	4.9	16.2	68.9	4.3

C_t , W_t y W_{pa} del trigo fueron similares cuando el cultivo creció con o sin presencia de malezas. Los bajos valores de materia seca de malezas registrados posiblemente minimizaron los efectos de interferencia sobre el cultivo (Figura 4).

En el sistema 1 los niveles de malezas detectados fueron despreciables, probablemente en respuesta a las pobres características físicas del suelo, limitantes nutricionales y compuestos alelopáticos residuales de los cultivos previos, mientras que en el sistema 2 dominó *R. raphanistrum*.

Los cambios en las poblaciones de malezas causados por diferentes tratamientos de fertilidad, estudiados durante un período de casi cincuenta años, señalan que los niveles de enmalezamiento y de semillas viables de malezas serían menores en condiciones de menor fertilidad (2). Además, en ausencia de adiciones apreciables de semillas frescas, la población de propágulos reproductivos del suelo declina exponencialmente (15).

El uso intensivo del suelo en el sistema 1 con cultivos de cereales y laboreos sucesivos determinan un suelo pobremente estructurado. En estas condiciones, lluvias ocasionales podrían retrasar la germinación por deficiencias de oxígeno (5); asimismo estas condiciones de anaerobiosis determinarían la descomposición de residuos de cereales, produciendo ácidos alifáticos que inhibirían la germinación (8,9). Considerando la sucesión de cultivos de este sistema (trigo, sorgo, cebada, girasol de segunda), se sugiere que la presencia de compuestos alelopáticos residuales del girasol o cultivos precedentes disminuirían las poblaciones de malezas, dados los menores porcentajes de germinación de malezas obtenidos en el suelo de este sistema en condiciones de invernáculo (14).

En el sistema 2 los niveles de enmalezamiento no afectaron el crecimiento del cultivo. Laboreos frecuentes y probablemente compuestos alelopáticos podrían haber disminuido los bancos de semillas de malezas, condicionando su incidencia.

La tasa de crecimiento de los cultivos está determinada por el área y la eficiencia del aparato fotosintético, que a su vez dependen de las condiciones del ambiente (12,14). El desarrollo de A_f determina un aumento en la intercepción de la radiación solar y por lo tanto en la producción de materia seca, y es altamente dependien-

de la nutrición mineral. Es así que un aumento en la disponibilidad de nutrientes, fundamentalmente nitrógeno, resulta tanto en un incremento en el número de hojas como en su tamaño (18). El largo, ancho y área de las láminas foliares se incrementa pero su grosor disminuye.

Para la variable A_f el ANOVA no determinó diferencias entre tratamientos con y sin herbicidas para ambos sistemas (Figura 5).

Las áreas foliares son respuesta a diferencias en C_A , determinadas por los niveles de fertilidad de los sistemas. El sistema 1 presentó los menores valores de A_f y de C_A del cultivo en los dos períodos analizados (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tasas de Crecimiento Medio de Area Foliar del Cultivo en los Dos Sistemas en Dos Períodos de Crecimiento.

COSECHA		S 1	S 2
		m ² há ⁻¹	d ⁻¹
1	3	18.2	103.7
3	6	63.6	273.0

Los valores de W_f del cultivo en el sistema 1 fueron los menores, y no se detectaron diferencias entre tratamientos de interferencia (Figura 6). En el sistema 2 estas diferencias sólo se determinaron en la sexta cosecha ($P < 0.0007$), correspondiendo a Z_{43} .

La eficiencia del aparato fotosintético en la producción de materia seca, medida a través de E_A , está altamente relacionada con la cantidad de radiación solar interceptada por la planta. Esta tasa es máxima cuando la planta es pequeña y posee pocas hojas, que les permite estar enteramente expuestas a la radiación solar (3). Un aumento del área foliar produce un incremento en la producción de biomasa, pero debido al autosombreado de las hojas, la E_A decrece (7). Esta disminución de la E_A durante la época de crecimiento del cultivo puede deberse también a una mayor edad promedio de las hojas, que las hace fotosintéticamente menos eficientes (3). Deficiencias de nutrientes como nitrógeno y fósforo pueden provocar disminuciones en la E_A de los cultivos (18).

Cuando las hojas reciben una baja intensidad lumínica, su capacidad de retener nutrientes disminuye; en consecuencia, el fósforo y el nitrógeno comienzan a traslocarse desde estas hojas. Asimismo, cuando las hojas basales son sombreadas, la fotosíntesis decae abruptamente, pero continúan respirando y por lo tanto consumiendo asimilados que deben provenir de órganos fotosintetizantes. Es así que el sombreado de estas hojas tiene un efecto más adverso que su remoción (11).

En el sistema 1, la baja disponibilidad de nutrientes explica la reducida C_A , y la baja eficiencia fotosintética del cultivo. Esto determinaría que la máxima E_A se alcance más tarde en el desarrollo del cultivo en comparación al sistema 2 (Cuadro 7). En éste sistema las E_A duplican las obtenidas en el sistema 1 y se mantienen desde la primera hasta la sexta cosecha, probablemente debido a un nivel no limitante de nutrientes.

Para la variable W_{pr} , en el sistema 1 no se detectaron diferencias por efecto de la interferencia (Figura 7). En el sistema 2, se cuantificaron diferencias e interacción significativa en cosecha por interferencia ($P < 0.001$), determinados por mayores aumentos en W_{pr} en respuesta al control de malezas. Estas diferencias se determinaron en las cosechas sexta ($P < 0.0106$) (Z_{43}), séptima ($P < 0.0014$), octava ($P < 0.0001$), novena ($P < 0.0027$) y décima ($P < 0.0038$) (Z_{92}). Los mayores valores de W_{pr} del cultivo fueron determinados en el sistema 2, correspondiéndose con sus más altas C_{pr} (Cuadro 8).

Cuadro 7. Tasas de Asimilación Neta del Cultivo en los Dos Sistemas en Dos Períodos de Crecimiento.

COSECHA		S 1	S 2
		g MS m ² d ⁻¹	
1	3	5.5	13.0
3	- 6	7.2	12.3

La disminución de W_{pr} hacia el final del ciclo probablemente fue debida a la senescencia de las raíces. Luego de la elongación de los entrenudos, cuando comienza el sombreado, las hojas basales son las responsables de suministrar fotoasimilados a las raíces. La menor intensidad de flujo radiante que reciben estas hojas disminuye su actividad fotosintética, y en consecuencia la actividad radical es reducida, restringiéndose la absorción de nutrientes, y eventualmente ocurriendo muerte radical en los estadios tardíos del crecimiento (11).

Cuadro 8. Tasas de Crecimiento Medio de Raíces del Cultivo en los Dos Sistemas en Dos Períodos de Crecimiento.

COSECHA	S 1	S 2 SH	S 2 CH
	kg MS há ⁻¹ d ⁻¹		
1 3	0.9	3.7	3.5
3 - 6	2.6	20.1	26.6

F_A representa el tamaño de A_t en relación a W_t y tiene como componentes a F_w y S_A (13). La F_w a su vez, representa la relación entre W_f y W_t .

Se registró una disminución en los valores de F_A y F_w con la ontogenia del cultivo en los dos sistemas (Cuadros 9 y 10). El comienzo del desarrollo reproductivo determina que los centros de asimilados, drenos metabólicos, compitan con las estructuras vegetativas (tallos, hojas, etc.), reduciendo su crecimiento y acelerando la senescencia de las hojas (14).

Cuadro 9. Evolución de la Razón de Area Foliar del Cultivo en los Dos Sistemas.

COSECHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	m ² kg ⁻¹								
S 1	9.29	6.23	6.92	3.01	3.66	3.87	2.47	1.67	0.56
S 2	8.36	5.52	6.37	5.28	2.50	3.36	2.86	1.76	0.63

Cuadro 10. Evolución de la Razón de Peso Foliar del Cultivo en los Dos Sistemas.

COSECHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	kg kg ⁻¹								
S 1	0.54	0.50	0.44	0.54	0.41	0.23	0.18	0.06	0.04
S 2	0.60	0.51	0.44	0.43	0.26	0.23	0.14	0.07	0.06

Entretanto, no se determinaron diferencias en respuesta a la fertilidad de los sistemas para ambos índices. No obstante, se determinó que las limitantes nutricionales en el sistema 1 interfirieron con el crecimiento foliar de trigo y *Lolium multiflorum* L., distorsionando los padrones de distribución de fotoasimilados de estas dos gramíneas y determinando menores valores de F_A (14). En el sistema 1, los bajos valores de tasa de crecimiento y peso seco radicales estarían condicionados por la baja disponibilidad de nutrientes y la pobre estructura del suelo. Las raíces desarrolladas con bajo suministro de nitrógeno se caracterizan por ser largas, finas y con escasas ramificaciones (10). Las raíces de este sistema fueron las más finas y largas; en consecuencia, dado que la profundidad de muestreo era fija, se pudo subestimar W_{pr} . Aún así, las características físico-químicas del suelo en este sistema podrían haber condicionado su crecimiento. Esta situación determinaría valores menores de W_t , en consecuencia son mayores los valores de F_A y F_w .

S_A representa la relación entre A_f y W_f . Esta presenta marcadas variaciones según el ambiente en que la hoja se desarrolla y expande, el ambiente en el que se encuentra cuando está plenamente expandida y con la edad de la planta (4).

El comportamiento fue similar en ambos sistemas, determinándose una tendencia a disminuir en las primeras semanas post siembra, luego un aumento hasta Z_{69} , para después descender abruptamente (Cuadro 11), indicando que las hojas no se expanden a las mismas tasas a medida que el cultivo crece (16).

Cuadro 11. Evolución del Area Foliar Específica del Cultivo en los Dos Sistemas.

COSECHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	$m^2 kg^{-1}$								
S 1	17.28	12.44	15.73	5.60	9.01	15.52	13.44	29.07	14.49
S 2	13.86	10.70	14.89	12.41	10.02	15.18	21.21	26.40	11.71

El análisis de las distintas variables estudiadas permite visualizar de qué forma se refleja su evolución en el rendimiento de grano del cultivo. Asimismo, permite conocer la contribución relativa de cada una en el rendimiento.

En cereales, la producción de grano depende de tres fases secuenciales. Primero, de la formación de órganos para absorción de nutrientes y fotosíntesis; segundo de la formación de órganos florales y «recipientes de producción», y tercero de la producción, traslocación y acumulación de asimilados a esos «recipientes» (1). El peso final de grano resulta de los carbohidratos traslocados hacia la espiga, de aquellos fotosintetizados en la misma espiga, y de los consumidos en la respiración de la espiga. El CO_2 absorbido luego de la emergencia de la espiga por la porción del tallo por encima del nudo de la hoja bandera, incluyendo la espiga, representa la mayor parte del peso seco del grano de trigo, lo que sugiere la menor importancia de los azúcares almacenados o traslocados desde otras fuentes en el peso de grano (17).

En el rendimiento de grano se determinó efecto del sistema, no siendo significativo el efecto de la interferencia (Cuadro 12). Debido al mejor comportamiento de las variables analizadas, se determinaron aumentos de rendimiento del orden de 2.4:1 a favor del sistema 2.

Cuadro 12. Rendimiento de Grano del Cultivo en los Dos Sistemas.

S 1	S 2	S 2:S 1
$kg há^{-1}$		
689.0b	1622,5a	2.4

En general los niveles de rendimiento de grano del cultivo fueron bajos en ambos sistemas, posiblemente debido a la alta incidencia de *Fusarium* spp. favorecida por las condiciones climáticas imperantes en el año de realización del experimento.

En respuesta a la mayor disponibilidad de nutrientes y a la preservación de las propiedades físicas del suelo se determinan los mayores rendimientos biológicos del cultivo. Estas diferencias en propiedades químicas y físicas, tal como ya fue analizado, afectaron durante la ontogenia a cada uno de los componentes de la planta, de las que va depender el rendimiento final del cultivo, fundamentalmente de las fuentes que más contribuyen en el rendimiento final de grano.

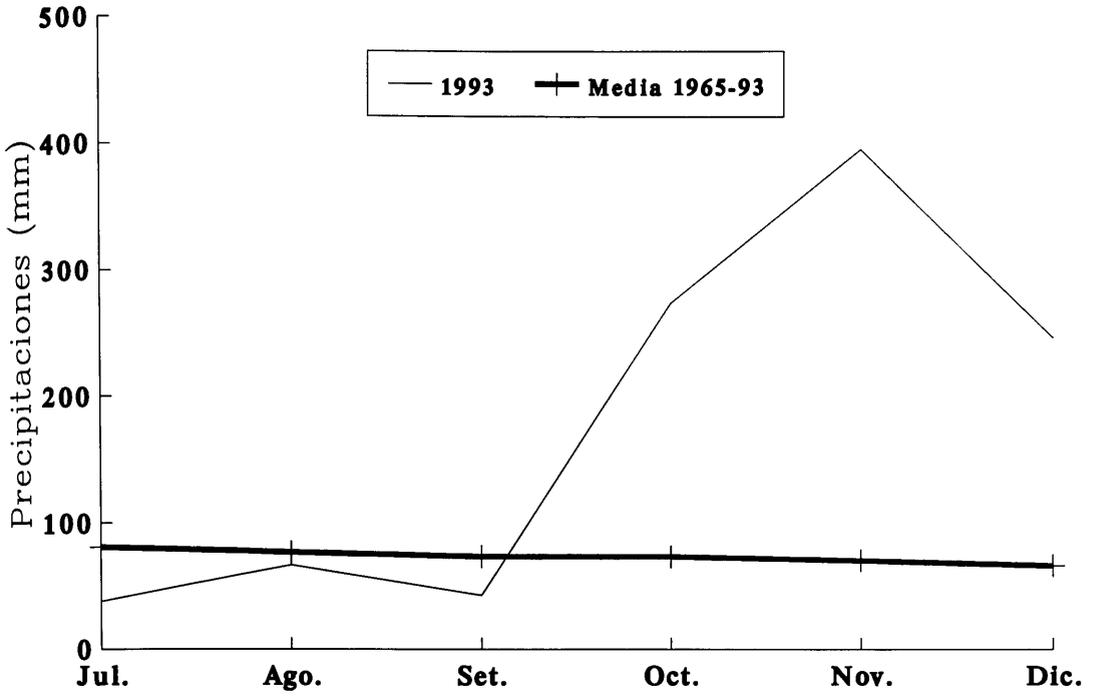


Figura 1. Promedio Mensual de Precipitaciones Durante el Período de Duración del Experimento y Media Histórica. INIA La Estanzuela, 1993.

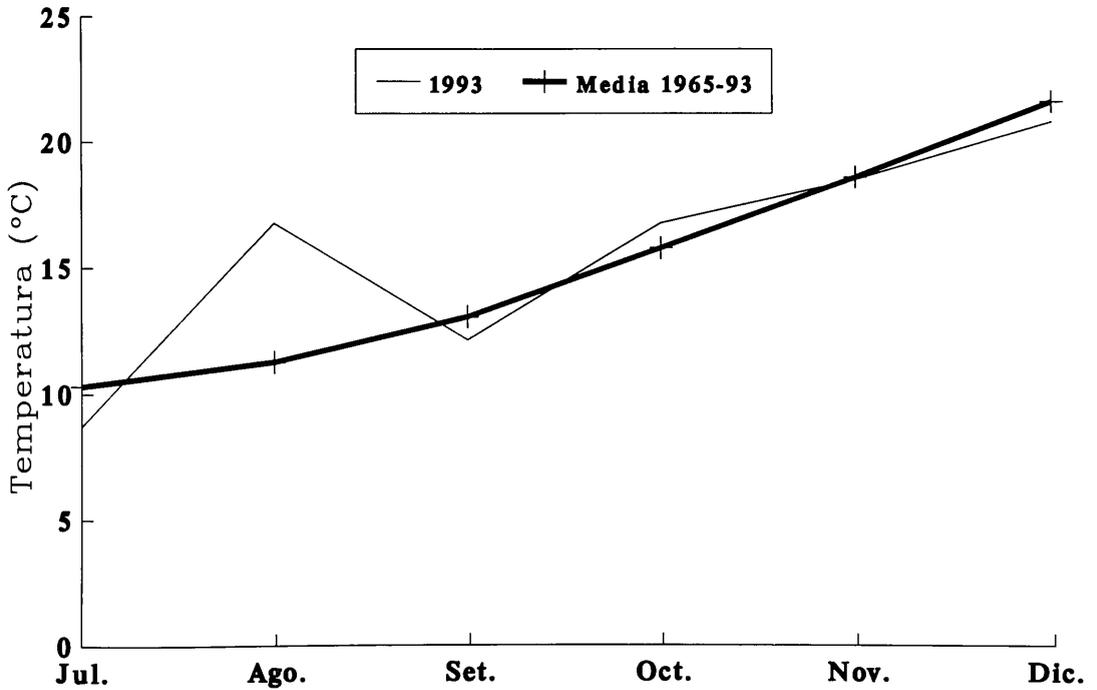


Figura 2. Promedio Mensual de Temperaturas Durante el Período de Duración del Experimento y Media Histórica. INIA La Estanzuela, 1993.

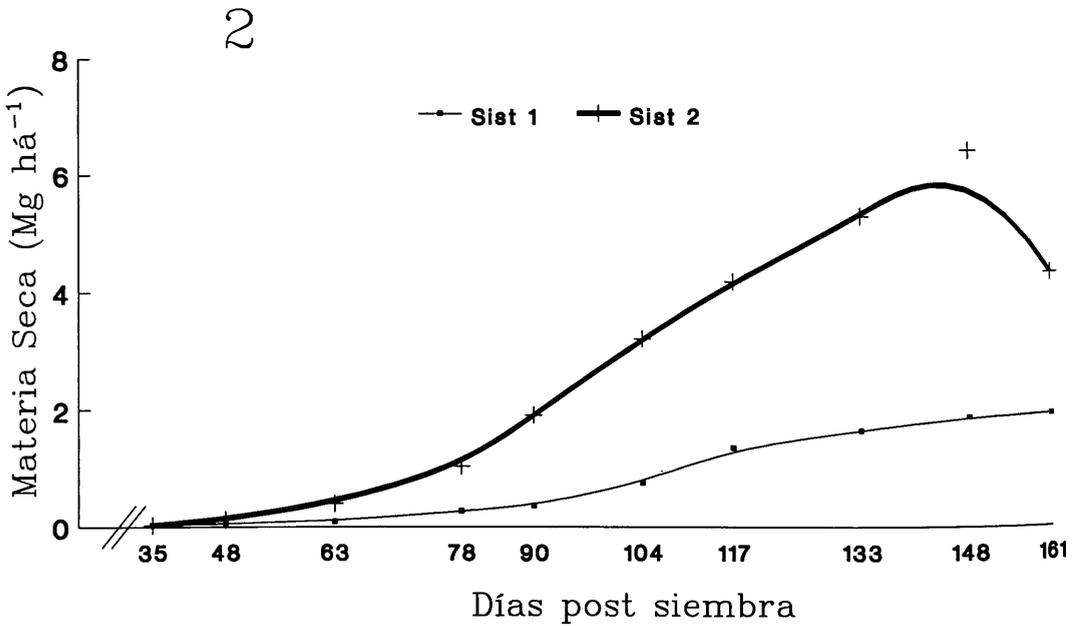
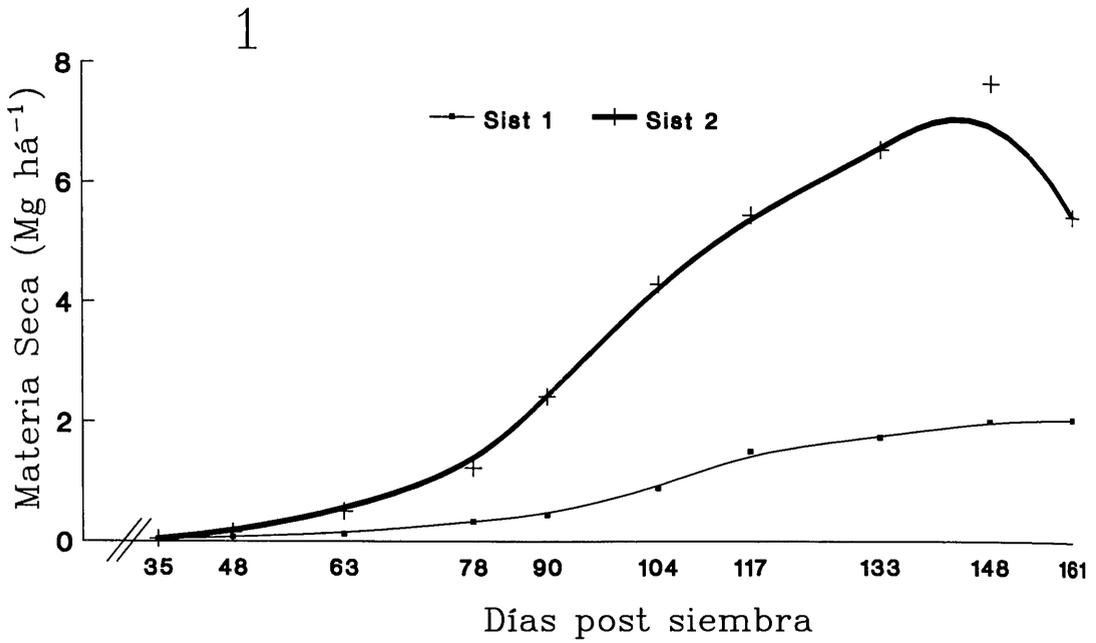


Figura 3. Acumulación de Materia Seca Total (1) y de Parte Aérea (2) del Cultivo en los Dos Sistemas.

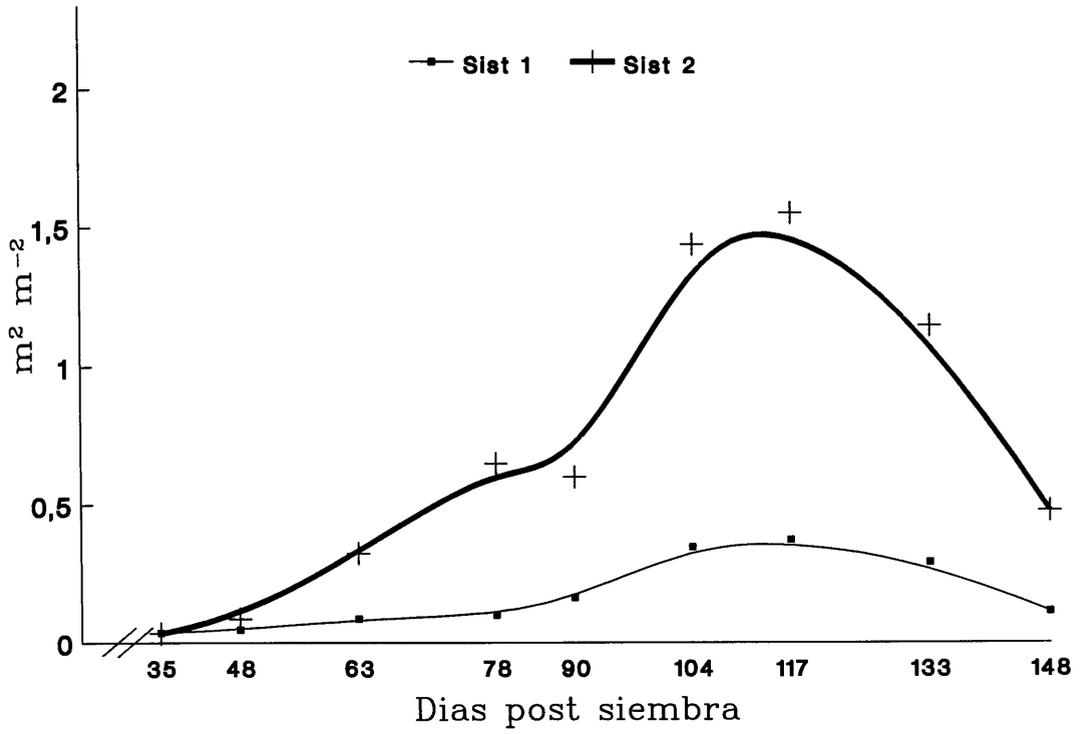


Figura 5. Evolución del Area Foliar del Cultivo en los Dos Sistemas.

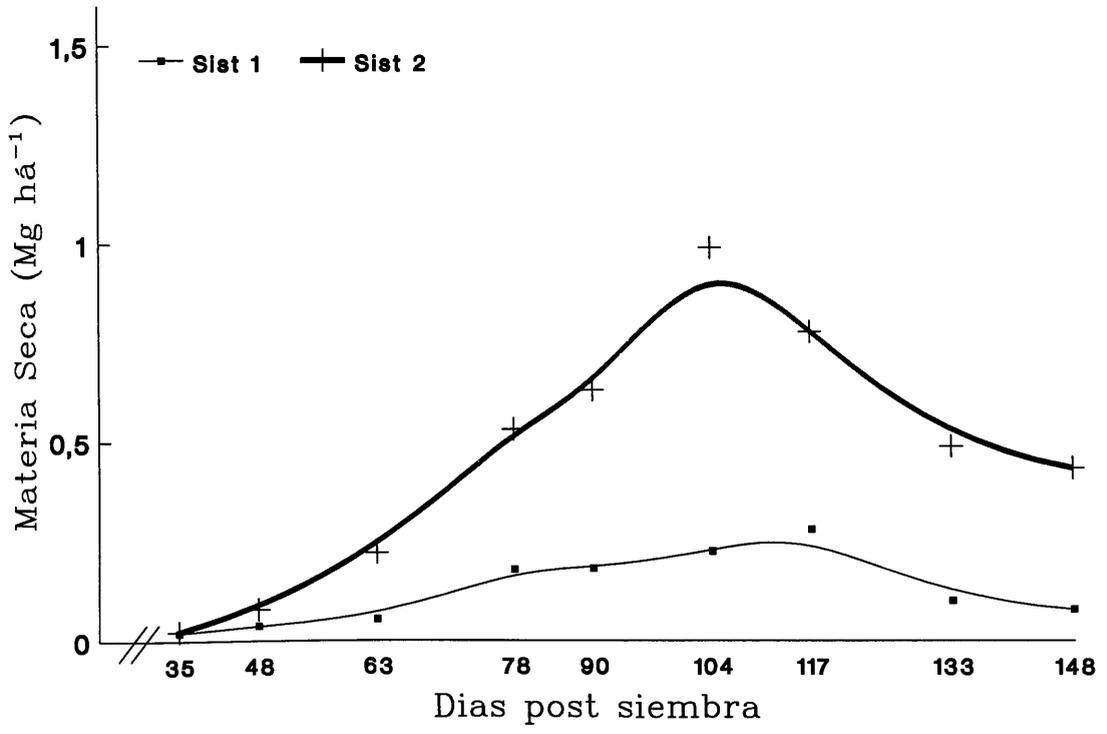


Figura 6. Acumulación de Materia Seca de Hojas del Cultivo en los Dos Sistemas.

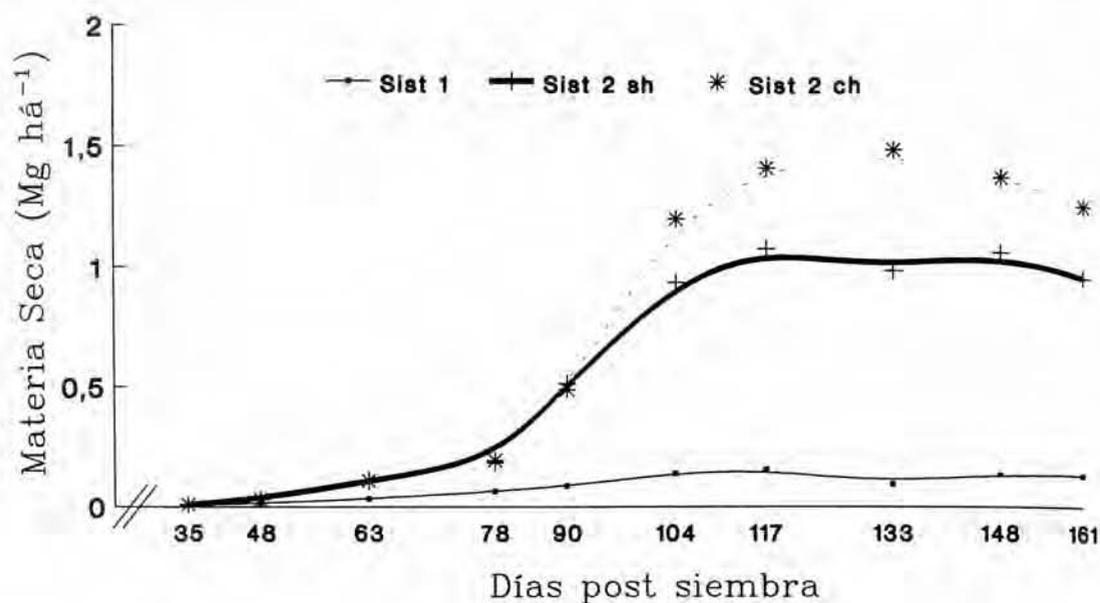
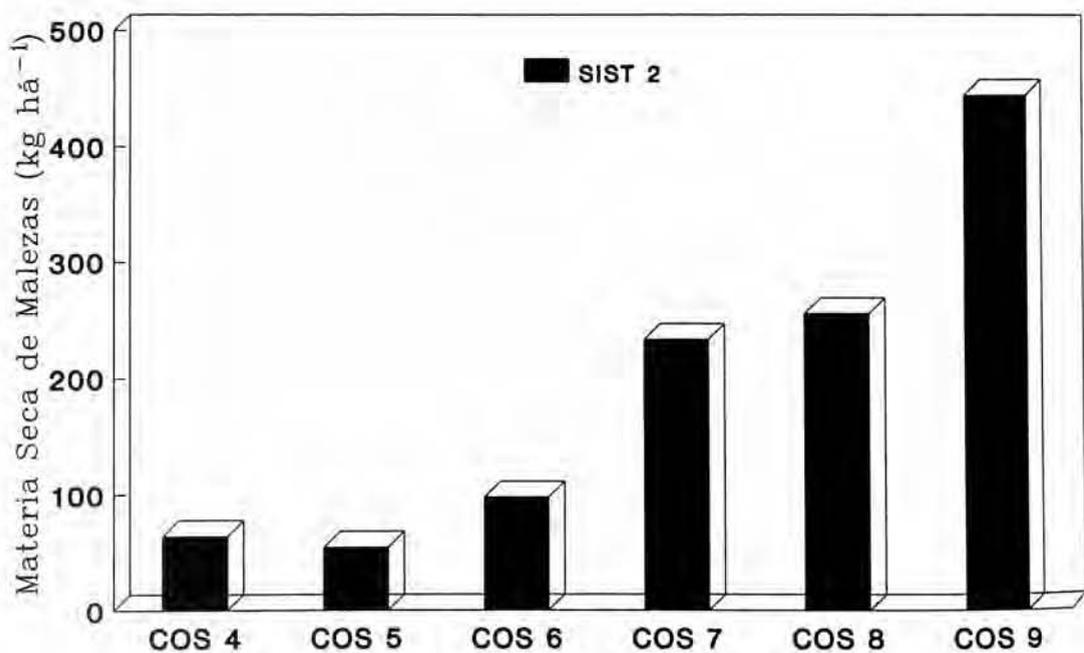


Figura 7. Acumulación de Materia Seca de Raíces del Cultivo en los Dos Sistemas.



No se incluye el sistema 1 debido a que los valores de malezas registrados son despreciables.

Figura 4. Acumulación de Materia Seca Total de Malezas en el Sistema 2 Durante el Ciclo del Cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su reconocimiento al Ing. Agr. Roberto Díaz por sus valiosas sugerencias.

LITERATURA CITADA

1. ALMEIDA, A.A.F. de. 1985. Efeito da radiação solar e do nitrogênio sobre o crescimento, produção e composição química do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. «Negrito 897»). Tese M.Sc. Viçosa, Minas Gerais, Universidade Federal de Viçosa. 109 p.
2. BANKS, P.A.; P.W. SANTELMANN and B.B. TUCKER. 1976. Influence of long-term soil fertility treatments on weed species in winter wheat. *Agron. J.* 68:825-827.
3. BROWN, R.H. 1984. Growth of the green plant. In TESAR, M.B. ed. *Physiological basis of crop growth and development*. Madison, WI, ASA-CSSA. pp.153-174.
4. CHARLES-EDWARDS, D.A.; D. DOLEY and G.M. RIMMINGTON. 1986. *Modelling plant growth and development*. Orlando, Academic Press. 235 p.
5. DONALD, C.M. 1963. Competition among crop and pastures plants. *Adv. Agron.* 15:1-118.
6. HARPER, J.L. 1964. The individual in the population. *J. Ecol.* 52(suppl.):149-158.
7. LUCCHESI, A.A. 1987. Fatores da produção vegetal. In P.R.C. CASTRO; S.O. FERREIRA e T. YAMADA. eds. *cofisiologia da produção agrícola*. Piracicaba, SP, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. pp.1-11.
8. LYNCH, J.M. 1980. Effects of organic acid on the germination of seeds and growth of seedlings. *Plant Cell Environ.* 3:255-259.
9. LYNCH, J.M.; K.C. HALL and A. HEPBURN. 1980. Organic acids from the anaerobic decomposition of *Agropyron repens* rhizomes. *Phytochem.* 19:1846-1849.
10. MARSCHNER, H. 1986. *Mineral nutrition of higher plants*. London, Academic Press. 674 p.
11. NAVASERO, S.A. and A. TANAKA. 1966. Low-light-induced death of lower leaves of rice and its effect on grain yield. *Plant Soil* 25:17-31.
12. POTTER, J.R. and J.W. JONES. 1977. Leaf area partitioning as an important factor in growth. *Plant Physiol.* 59:10-14.
13. RADFORD, R.J. 1967. Growth analysis formulae; their use and abuse. *Crop Sci.* 7:171-175.
14. RIOS, A. 1993. Medida da interferência entre *Triticum aestivum* L., *Raphanus raphanistrum* L. e *Lolium multiflorum* L. na avaliação de sistemas de rotação culturas. Tese D.Sc. Viçosa, Minas Gerais, Universidade Federal de Viçosa. 104 p.
15. ROBERTS, H.A. and J.E. NEILSON. 1981. Changes in the soil seed bank of four long-term crop/herbicide experiments. *J. Appl. Ecol.* 18:661-668.
16. SCOTT, H.D. and J.T. BATCHELOR. 1979. Dry weight and leaf area production rates of irrigated determinate soybeans. *Agron. J.* 71:776-782.
17. THORNE, G.N. 1966. Physiological aspects of grain yield in cereals. In F.L. MILTHORPE and J.D. IVINS, eds. *The growth of cereals and grasses*. London, Butterworths. pp.88-105.
18. WATSON, D.J. 1952. The physiological basis of variation in yield. *Adv. Agron.* 4:101-145.
19. ZADOKS, J.C.; T.T. CHANG and C.F. KONZAK. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14:415-421.