

Crecimiento de Trigo (*Triticum aestivum*) y su Interferencia con Malezas.

II. En Dos Sistemas de Rotación de Cultivos-Pasturas.¹

ALEJANDRO LYONNET, FABIO VIGLIECCA Y AMALIA RIOS²

Resumen. En 1963 se instaló en el 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 en el crecimiento del trigo y su capacidad de interferencia con las malezas. Se seleccionaron dos de los siete sistemas de rotación, el 5, una rotación de cultivos de grano con pasturas plurianuales de gramínea-leguminosas y el 7, rotación de cultivos de grano con una leguminosa bianual. 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 la acumulación de materia seca total, de parte aérea, y sus respectivas tasas no se determinaron diferencias entre sistemas, ni efecto de interferencia. Este se manifestó en el área foliar en el sistema 5, y en el peso foliar también en el sistema 7, asociado al período de crecimiento de la hoja bandera. En el peso radical se determinaron diferencias por efecto de las malezas en el período comprendido desde el embuche a maduración. En ambos sistemas, las razones de área y peso foliar disminuyeron con la ontogenia del cultivo, entretanto el área foliar específica disminuyó en las primeras semanas, aumentando con la expansión de la hoja bandera. No se detectaron diferencias en el rendimiento de grano. El bajo nivel de enmalezamiento en los sistemas y la incidencia de *Fusarium* spp. posiblemente condicionaron la magnitud de las respuestas. Nomenclatura: 2,4-D amina, sal dimetilamina del ácido 2,4-Diclorofenoxiacético; MCPA, sales del ácido 2 metil 4-cloro fenoxi acético; mastuerzo, *Coronopus didymus* (L.)SM, #³ COPDI; caapiquí, *Stellaria media* (L.)VILL, # STEME; rábano, *Raphanus raphanistrum* L. # RAPRA; festuca, *Festuca arundinacea* Schreb.; girasol, *Helianthus annuus* L.; cebada, *Hordeum vulgare* L.; Lotus, *Lotus corniculatus* L.; sorgo, *Sorghum vulgare* Pers.; trébol blanco, *Trifolium repens* L.; trébol rojo, *Trifolium pratense* L.; trigo, *Triticum aestivum* L., # TRZAX «Pelón 90».

Palabras clave: Competencia, COPDI, STEME, 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 rotation systems in the growth of wheat and its interference capacity with weeds. Two of the seven rotation systems were selected, system 5, a cereal crops-perennial grass/legumes pastures rotation, and system 7, a cereal crops-biennial legumes pastures rotation. 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. No differences between systems nor interference treatments were determined in dry matter plant weights, aerial part weights and their respective growth rates. Interference effects were observed in leaf area in system 5 and in leaf weight in system 7, associated to the flag leaf growth period. Differences between interference treatments were determined in root weight in the booting-

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

²Orientador, INIA 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: S5, sistema 5; S7, sistema 7; CH, con herbicidas; SH, sin herbicidas; W_t, producción de materia seca total; W_{ba}, de la parte aérea; W_f, de la hoja; W_{pr}, de la raíz; C_t, tasas de crecimiento medio de planta; C_{ba}, 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.

maturation period. Leaf area and weight ratios diminished with the ontogeny of the crop, while specific leaf area decreased during the first weeks, increasing with the expansion of the flag leaf in both systems. No differences were detected in grain yield. The poor weed population levels and the incidence of *Fusarium* spp. in both systems, possibly conditioned the responses obtained. Nomenclature: 2,4-D amine, 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid; MCPA, 2 methyl 4-chloro phenoxy acetic acid; swinecress, *Coronopus didymus* (L.)SM, # COPDI; chickweed, *Stellaria media* (L.)VILL, # STEME; wild radish, *Raphanus raphanistrum* L. # RAPRA; sunflower, *Helianthus annuus* L.; barley, *Hordeum vulgare* L.; tall fescue, *Festuca arundinacea* Schreb.; birdsfoot trefoil, *Lotus corniculatus* L.; red clover, *Trifolium pratense* L.; common sorghum, *Sorghum vulgare* Pers.; white clover, *Trifolium repens* L.; wheat, *Triticum aestivum* L., # TRZAX «Pelón 90».

Additional index words: Competition, COPDI, STEME, 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 rotación de cultivos y pasturas 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 éútrico a sub-éútrico 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.

Los sistemas seleccionados, 5 y 7, se presentan en el Cuadro 2. En el sistema 5, la etapa de cultivos es seguida por una pradera convencional que se siembra asociada al trigo. La pradera tiene una duración de tres años, de manera de establecer un sistema de producción que está más volcado hacia la producción pecuaria que a la agricultura. El sistema 7 tiene una secuencia similar, pero los trigos son sembrados asociados a trébol rojo (pasturas bianuales).

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

CARACTERISTICAS	S5 ⁴	S7 ⁴
pH (H ₂ O)	5.80	5.80
C orgánico (%)	2.31	2.00
N total (%)	0.21	0.18
P (P-Bray I, ìg g ⁻¹)	10.20	11.10
K (meq 100 g ⁻¹)	0.89	0.78

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. En el sistema 5 se aplicó 2,4-D a 0,48 kg ia há⁻¹ y en el sistema 7 se utilizó MCPA a 0,6 kg ia há⁻¹. Las aplicaciones fueron

Cuadro 2. Descripción de los Dos Sistemas de Rotación.

SISTEMA	DESCRIPCION
5	Rotación con pasturas mezcla de leguminosas (<i>Lotus corniculatus</i> L., <i>Trifolium repens</i> L.) y gramínea (<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.) para pastoreo en el 50 % de la rotación, y cultivos de grano (trigo, sorgo, cebada y siembra directa de girasol) en el resto.
7	Rotación de una leguminosa forrajera bianual (<i>Trifolium pratense</i> L.) para pastoreo en el 33 % del tiempo, y cultivos de grano (trigo, cebada y siembra directa de girasol) en el resto de la secuencia.

realizadas el 14 de setiembre. 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 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 3. Uso del Suelo en los Dos Sistemas de Rotación en los Períodos 1963-1983 y 1983-1993.

SISTEMA	PERIODO	INTENSIDAD (N° cult. por año)	USO DEL SUELO (%)		
			Labo- reos	Pas- turas	Culti- vos
5	63-83	0.50	21	51	28
	83-93	0.67	10	57	33
7	63-83	1.00	29	15	56
	83-93	1.00	17	39	44

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 (12), fueron calculadas las tasas de crecimiento medio de planta (C_p^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_t , W_t y W_l , y empleadas en las ecuaciones $F_A = A_t/W_t$; $F_w = W_l/W_t$ y $S_A = A_l/W_l$, de acuerdo con Radford (12).

En el análisis de crecimiento del cultivo se utilizó la escala decimal para los estadios fenológicos de cereales propuesta por Zadoks, Chang and Konzak (18) (Cuadro 4).

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

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

En ambos sistemas W_t y W_{pa} del cultivo ajustaron a un modelo sigmoide de crecimiento (Figura 3). Estos modelos presentan tres fases marcadas: una inicial, previa al encañado, con un crecimiento relativamente lento, otra intermedia desde inicio de alargamiento de entrenudos (Z_{31}) hasta comienzo del período de llenado de grano (Z_{69}), cuando las tasas de crecimiento son máximas, y otra final, con menor acumulación de materia seca.

C_t y C_{pa} tuvieron un comportamiento similar a W_t en cada sistema (Cuadro 5).

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

COSECHA	TOTAL	PARTE AEREA
	S 5 y 7	
	kg MS há ⁻¹ d ⁻¹	
1 - 3	23.8	18.4
3 - 6	104.5	83.7

No hubo diferencias en W_t , W_{pa} , C_t y C_{pa} del trigo cuando el cultivo creció con o sin presencia de malezas. En general, este comportamiento similar entre el cultivo desmalezado y enmalezado se determinó para la mayoría de las variables. No obstante, la excepción la constituyeron W_{pr} , A_t y S_A . Los bajos valores de materia seca de malezas registrados posiblemente minimizaron los efectos de interferencia sobre el cultivo (Figura 4).

Las especies de malezas predominantes en el sistema 5 fueron *S. media* y *C. didymus*, mientras que en el sistema 7 dominó *R. raphanistrum*. En el sistema 5 no se detectaron malezas a partir de la octava cosecha debido a que las especies mencionadas ya habían finalizado su ciclo.

En los dos sistemas los niveles de enmalezamiento no afectaron el crecimiento del cultivo. Continuas aplicaciones de herbicidas podrían haber disminuido los bancos de semillas de malezas, condicionando su incidencia. Aplicaciones reiteradas de herbicidas reducen las poblaciones de malezas en las áreas tratadas con herbicidas en forma continua (8). Además, en ausencia de adiciones apreciables de semillas frescas, la población de propágulos reproductivos del suelo declina exponencialmente (14).

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 (11,13). 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 dependiente 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 (17). 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 el sistema 7 (Figura 5). Para esta variable en ambos sistemas se detectaron interacciones en sistema por cosecha ($P < 0.0008$) y cosecha por tratamiento químico ($P < 0.0422$). Estas interacciones están determinadas porque la magnitud de los aumentos en los valores de la variable en el tiempo es diferente entre sistemas y tratamientos de interferencia. En el sistema 5 se detectaron diferencias entre tratamientos con y sin herbicidas para la sexta ($P < 0.0263$), séptima ($P < 0.0001$) y octava cosecha ($P < 0.0001$), registrándose los mayores valores para el cultivo desmalezado. La sexta cosecha corresponde con el día 104 post siembra, cuando la espiga comienza a engrosarse dentro de la vaina de la hoja bandera (Z_{43}), y la octava con el día 133, cuando el cultivo se encuentra en antesis (Z_{69}).

Las áreas foliares son respuesta a diferencias en C_A , determinadas por los niveles de fertilidad de los sistemas. (Cuadro 6).

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

COSECHA	S 5 SH	S 5 m ² há ⁻¹ d ⁻¹	CH S 7
1 3	148.8	148.8	140.8
3 - 6	308.0	374.4	305 2

En los dos sistemas se determinó efecto de interferencia ($P < 0.0001$ y $P < 0.0066$ respectivamente) en la sexta cosecha (Z_{43}), e interacción cosecha por interferencia. En respuesta a la eliminación de malezas el cultivo prolongó por más tiempo la acumulación de materia seca en las hojas (Figura 6). Esta comienza a disminuir a partir de Z_{59} . Cuando el cultivo se encuentra enmalezado, la acumulación de materia seca se estabiliza ya en Z_{43} con una tendencia a disminuir a partir de Z_{69} .

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 (2). 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 (2). Deficiencias de nutrientes como nitrógeno y fósforo pueden provocar disminuciones en la E_A de los cultivos (17).

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, son incapaces de fotosintetizar, pero continúan respirando y por lo tanto consumiendo asimilados provenientes de los órganos fotosintetizantes. Es así que el sombreado de estas hojas tiene un efecto más adverso que su remoción (10).

En el sistema 5 el cultivo presenta la mayor E_A y la mayor C_A entre la primera cosecha (Z_{13}) y la tercera (Z_{23}), que determinan el sombreado de las hojas inferiores y el consecuente descenso de E_A . Los niveles son similares a los determinados en el sistema 7 entre la tercera y la sexta cosecha. En este sistema la E_A del cultivo se mantiene constante de la primera a la sexta cosecha (Cuadro 7).

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

COSECHA		S 5	S 7
		g m ² d ⁻¹	
1	3	13.6	10.3
3	6	10.4	10.6

Para W_{pr} en el sistema 5 se determinaron diferencias por la interferencia ya a partir de Z_{33} , en las cosechas quinta ($P < 0.0108$), sexta ($P < 0.001$), séptima ($P < 0.0001$), octava ($P < 0.0001$), novena ($P < 0.0001$) y décima ($P < 0.0019$) a favor del cultivo desmalezado (Figura 7). Entretanto, en el sistema 7 estas diferencias se manifiestan a partir de Z_{43} , registrándose los menores valores en el cultivo desmalezado en las cosechas sexta ($P < 0.0001$), séptima ($P < 0.0001$), octava ($P < 0.0019$), novena ($P < 0.0001$) y décima ($P < 0.0025$).

El ANOVA para estos dos sistemas detectó interacción solamente en sistema por tratamiento de interferencia ($P < 0.0001$).

La partición de fotoasimilados hacia las distintas partes de la planta depende de diversos factores ambientales como luz, agua y nutrientes. Deficiencias hídricas y nutricionales determinan un mayor crecimiento del sistema radical, entretanto bajos niveles de radiación luminosa tienen un efecto opuesto. En general, un factor que actúa en una de las partes (por ejemplo luz en la parte aérea), afecta más la utilización de asimilados de la otra parte (sistema radical).

En el sistema 7 la maleza predominante fue *R. raphanistrum*, y su efecto sobre las gramíneas se manifestaría reduciendo la fotosíntesis por sombreado parcial de las hojas. Este stress luminoso en definitiva determinaría un mayor crecimiento de la parte aérea a expensas de una menor proporción de fotoasimilados que se traslocan al sistema radical, en consecuencia el cultivo bajo interferencia debería tener menores W_i y C_{pr} . En este sistema, estos valores fueron menores para el cultivo sin interferencia. Probablemente, los bajos niveles de enmalezamiento en este sistema, 800 kg MS há⁻¹ a la cosecha, determinaron que no se manifieste el efecto de competencia por luz. Cuando se controló *R. raphanistrum*, especie que se caracteriza por una eficiente utilización del nitrógeno (5), se aprecia una respuesta a nivel radical que induce a inferir que se favorece una mayor disponibilidad de nitrógeno por la eliminación de la absorción por la maleza. Cambios morfológicos de las raíces, que se desarrollan más cortas y gruesas, determinando disminuciones en W_{pr} , han sido descriptos como asociados a altas disponibilidades de nitrógeno (9). En el período analizado, el crecimiento del trébol rojo no fue afectado por ningún tipo de stress (cortes, pastoreos, anegamiento, etc.) que determinara muerte y descomposición radical y consecuente incremento en la disponibilidad de nitrógeno por esta vía. Ciertas investigaciones demostraron que las raíces noduladas de leguminosas liberan sustancias nitrogenadas a la rizósfera (3). Dichas sustancias, al incrementar la disponibilidad de nitrógeno para el cultivo acompañante, podrían ser las responsables de la respuesta detectada a nivel radical en el sistema 7. No obstante, dada la escasa productividad del trébol rojo en esa situación, su contribución por transferencia alcanzaría cantidades mínimas. Asimismo, las diferencias en desarrollo radical no se traducen en mayor crecimiento de la parte aérea ni en el rendimiento de grano. Probablemente los niveles nutricionales no fueron limitantes en ambas situaciones.

Las C_{pr} siguieron la misma tendencia, determinándose diferencias entre tratamientos de interferencia para las cosechas antes mencionadas (Cuadro 8).

La disminución de los pesos radicales 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 (10).

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

COSECHA	S 5 SH	S 5 CH	S 7 SH	S 7 CH
		kg há ⁻¹ d ⁻¹		
1 3	4.0	4.0	6.8	6.8
3 6	17.6	26.8	25.1	13.9

F_A representa el tamaño de A_f en relación a W_f y tiene como componentes a F_w y S_A (12). F_w a su vez, representa la relación entre W_f y W_r .

Se registró una disminución en los valores de F_A y F_w con la ontogenia del cultivo en los dos sistemas, y no se determinaron diferencias en respuesta a la fertilidad de los sistemas para ambos índices (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 (13).

En el sistema 5 para las cosechas 6, 7 y 8 se determinaron diferencias en A_f en respuesta a la eliminación de la interferencia; en consecuencia, éstas se reflejan en mayores F_A en las cosechas mencionadas.

S_A representa la relación entre A_f y W_r . 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 (15).

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

COSECHA	S 5 SH	S 5 CH	S 7
		m ² kg ⁻¹	
1	7.13	7.13	14.50
2	5.27	5.27	6.10
3	6.33	6.33	6.63
4	3.62	3.62	5.12
5	2.22	2.29	2.11
6	3.44	3.98	3.46
7	3.04	3.86	3.16
8	2.51	3.17	2.33
9	0.62	0.70	0.68

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

COSECHA	S 5 SH	S 5 CH	S 7
		kg kg ⁻¹	
1	0.50	0.50	0.79
2	0.59	0.59	0.60
3	0.45	0.45	0.56
4	0.33	0.33	0.44
5	0.22	0.19	0.20
6	0.19	0.27	0.21
7	0.15	0.15	0.13
8	0.09	0.08	0.07
9	0.05	0.07	0.06

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

COSECHA	S 5 SH	S 5 CH m ² kg ⁻¹	S 7 SH	S 7 CH
1	14.15	14.15	18.38	18.38
2	8.94	8.94	10.23	10.23
3	14.11	14.11	11.84	11.84
4	11.12	11.12	11.58	11.58
5	10.19	11.99	10.76	10.51
6	18.33	14.56	19.48	14.58
7	19.73	25.04	24.36	21.07
8	27.02	40.66	34.26	34.26
9	13.42	9.89	14.56	12.01

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 CO₂ 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 (16).

En el rendimiento de grano no se determinaron diferencias por efecto del sistema, no siendo significativo el efecto de la interferencia ni la interacción sistema por interferencia (Cuadro 12).

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

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

S 5	S 7
2294,5	2128

kg há⁻¹

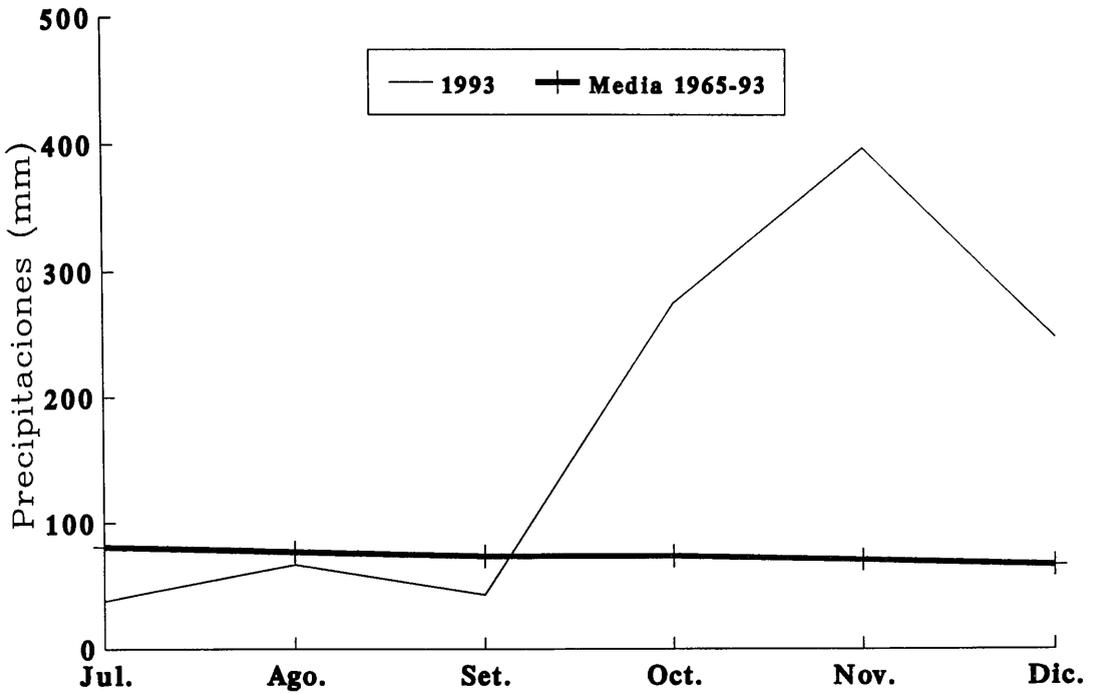


Figura 1. Promedio Mensual de Precipitaciones Durante el Período de Duración del Experimento y Media Histórica. INIA-La Estanzuela, 1993.

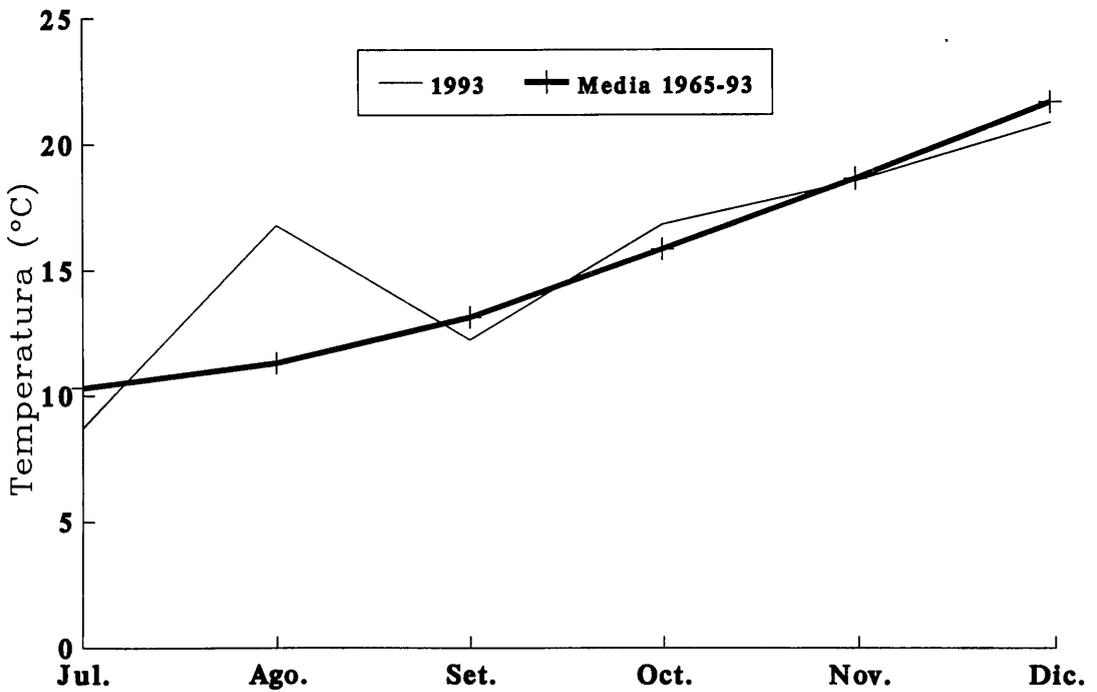


Figura 2. Promedio Mensual de Temperaturas Durante el Período de Duración del Experimento y Media Histórica. INIA-La Estanzuela, 1993.

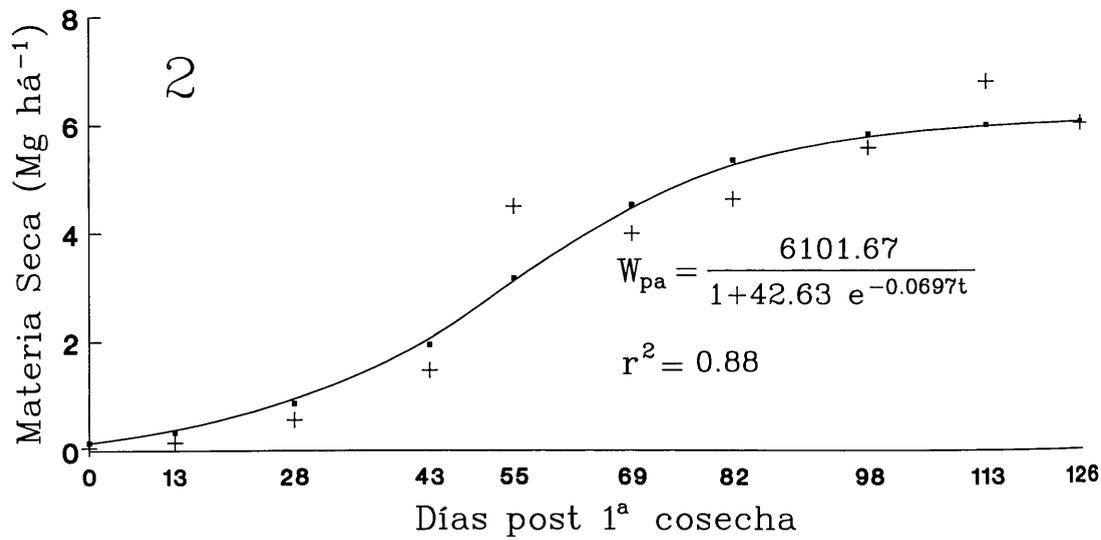
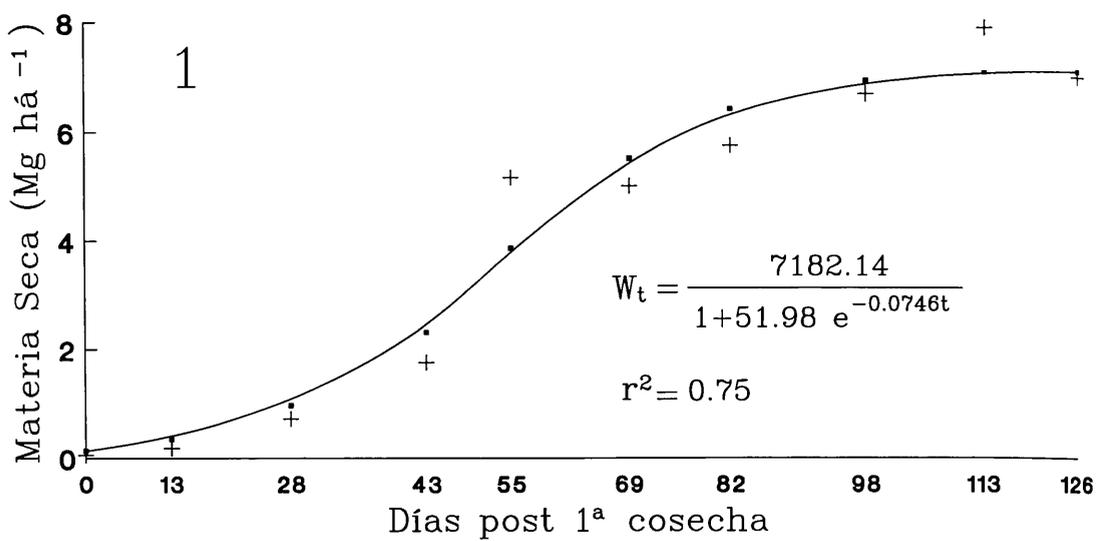


Figura 3. Acumulación de Materia Seca Total (1) y de Parte Aérea (2) del Cultivo en los Dos Sistemas.

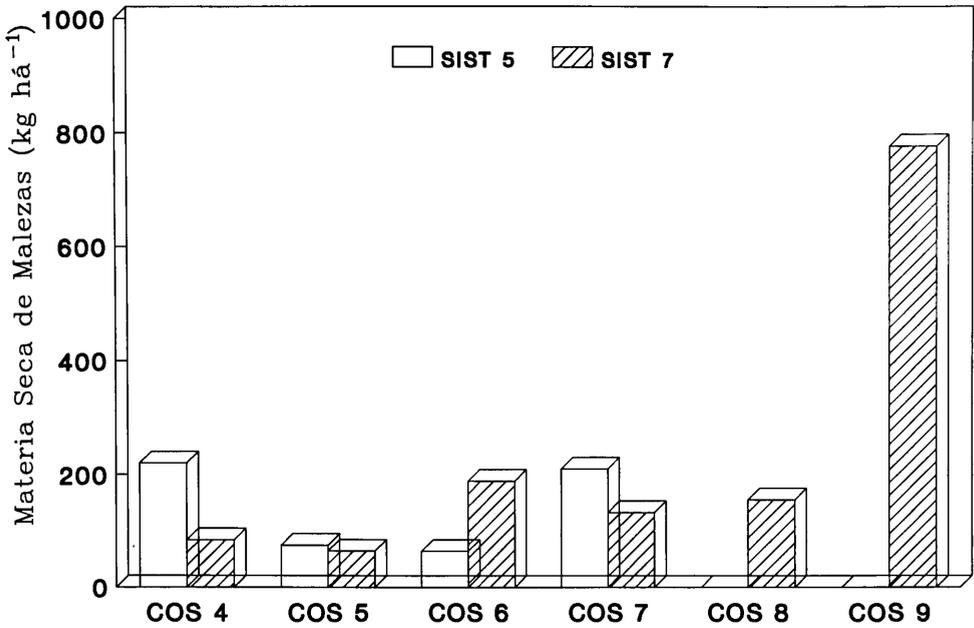


Figura 4. Materia Seca Total de Malezas en los Dos Sistemas durante el Ciclo del Cultivo.

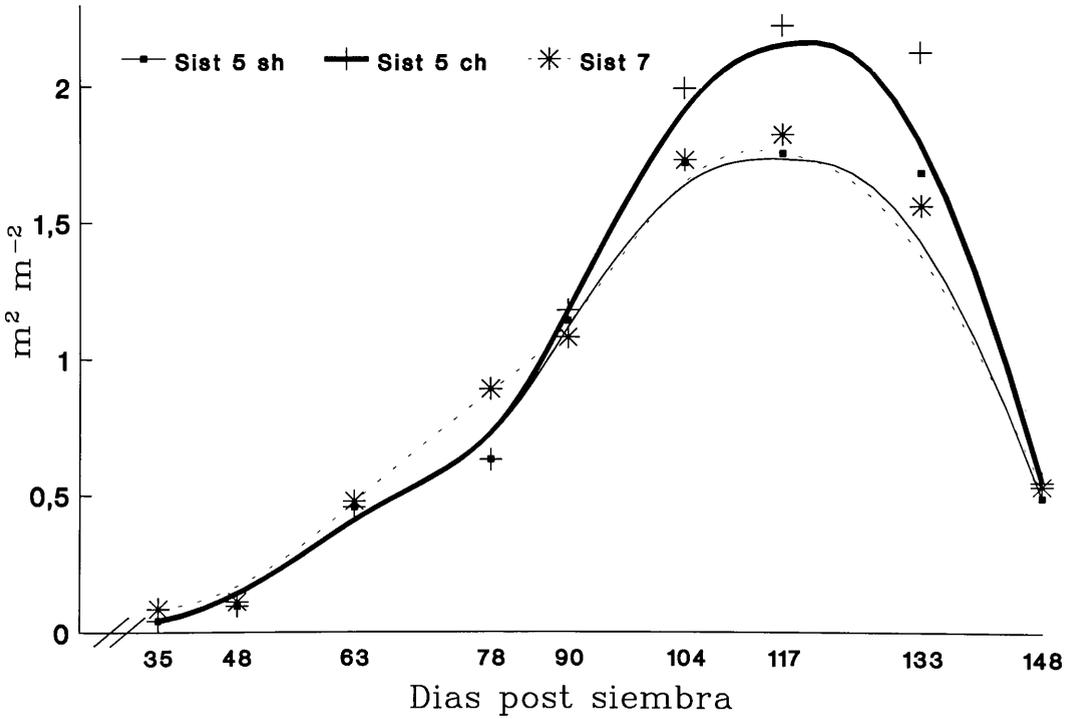


Figura 5. Evolución del Area Foliar del Cultivo en los Dos Sistemas.

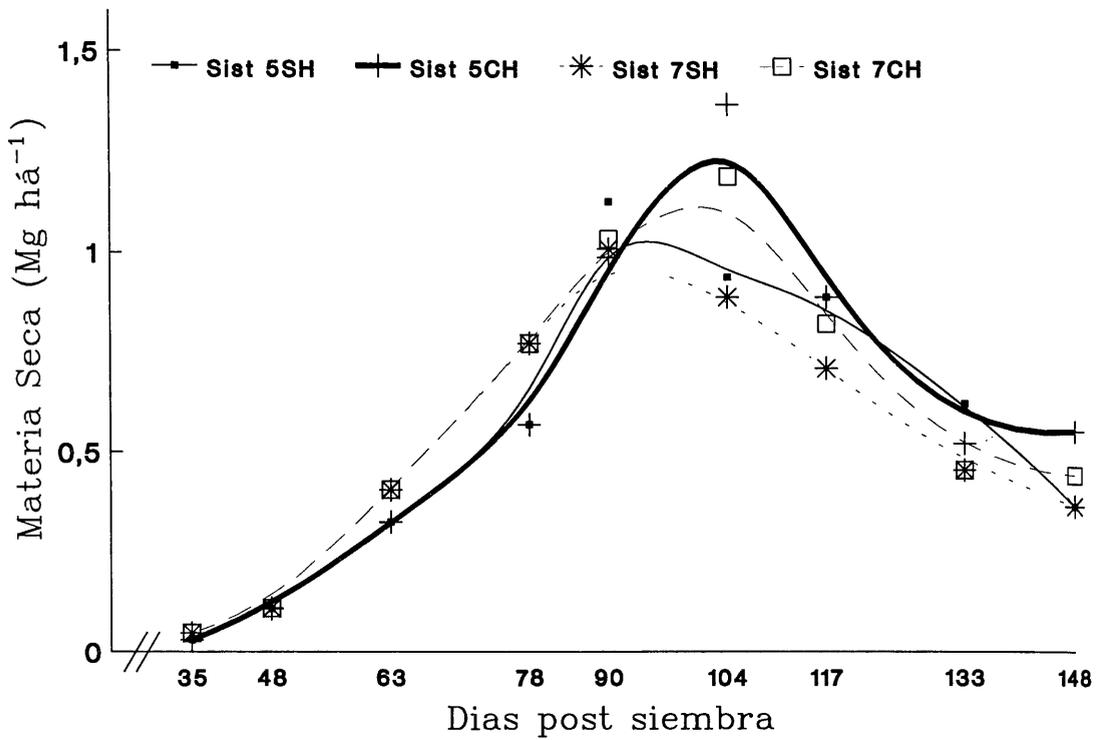


Figura 6. Acumulación de Materia Seca de Hojas del Cultivo en los Dos Sistemas.

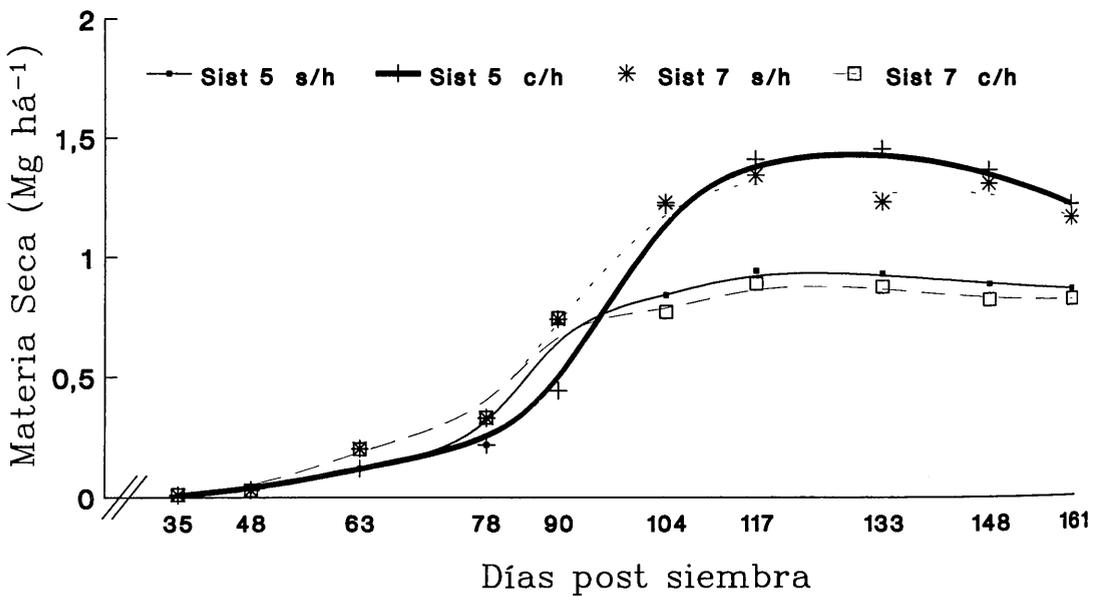


Figura 7. Acumulación de Materia Seca de Raíces del Cultivo en los Dos Sistemas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su reconocimiento al Ing. Agr. Roberto Diaz 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. 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.
3. CURL, E.A. and B. TRUELOVE. 1986. The rhizosphere. Berlin, Springer. 288 p.
4. CHARLES-EDWARDS, D.A.; D. DOLEY and G.M. RIMMINGTON. 1986. Modelling plant growth and development. Orlando, Academic Press. 235 p.
5. GIMENEZ, A. 1987. Comparación de distintos momentos de eliminación de malezas en trigo en dos situaciones de disponibilidad de nitrógeno. In Jornada de cultivos de invierno. La Estanzuela, Uruguay. MAP. CIAAB. pp.1-8.
6. HARPER, J.L. 1964. The individual in the population. *Journal of Ecology* 52(suppl.):149-158 .
7. LUCCHESI, A.A. 1987. Fatores da produção vegetal. In CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O. e YAMADA, T. eds. Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba, SP, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. pp.1-11.
8. MAHN, E.G. and K. HELMECKE. 1979. Effect of herbicide treatment on the structure and functioning of agroecosystems; II. structural changes in the plant community after the application of herbicides over several years. *Agro-ecosystems* 5(2):159-179.
9. MARSCHNER, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. London, Academic Press. 674 p.
10. NAVASERO, S.A. and A. TANAKA. 1966. Low-light-induced death of lower leaves of rice and its effect on grain yield. *Plant and Soil* 25:17-31.
11. POTTER, J.R. and J.W. JONES. 1977. Leaf area partitioning as an important factor in growth. *Plant Physiology* 59:10-14.
12. RADFORD, R.J. 1967. Growth analysis formulae; their use and abuse. *Crop Science* 7:171-175.
13. RIOS, A. 1993. Medida da interferência entre *Triticum aestivum* L., *Raphanus raphanistrum* L. e *Lolium multiflorum* L. na avaliação de sistemas de rotação de culturas. Tese D.Sc. Viçosa, Minas Gerais, Universidade Federal de Viçosa. 104 p.
14. ROBERTS, H.A. and J.E. NEILSON. 1981. Changes in the soil seed bank of four long-term crop/herbicide experiments. *Journal of Applied Ecology* 18:661-668.
15. SCOTT, H.D. and J.T. BATCHELOR. 1979. Dry weight and leaf area production rates of irrigated determinate soybeans. *Agronomy Journal* 71:776-782.
16. THORNE, G.N. 1966. Physiological aspects of grain yield in cereals. In MILTHORPE, F.L. and IVINS, J.D. eds. The growth of cereals and grasses. London, Butterworths. pp.88-105.
17. WATSON, D.J. 1952. The physiological basis of variation in yield. *Advances in Agronomy* 4:101-145.
18. ZADOKS, J.C.; T.T. CHANG. and C.F. KONZAK. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14:415-421.