

DENSIDAD DE SIEMBRA Y FERTILIZACION NITROGENADA EN TRIGO

1. CULTIVARES MARCOS JUAREZ INTA Y NORKINPAN 70

Silvia E. Lerner, M. Mac Maney y M. R. Tapia (1)

Recibido: 17/4/85

Aprobado: 4/12/85

RESUMEN

Se presenta en este trabajo la respuesta de dos cultivares de trigo de ciclo corto, ante variaciones en la densidad de siembra y en nutrición nitrogenada.

Se utilizaron dos densidades de siembra (300 y 600 pl/m²) y una fertilización con urea a mediados de macollaje (150 kg/ha).

En momentos preestablecidos del ciclo del cultivo se realizaron cortes para medición de biomasa, área foliar y componentes del rendimiento: espigas por metro cuadrado, granos por espiga y peso de los granos.

Se comprobó que la densidad y la fertilidad actuaron independientemente sobre los parámetros de crecimiento y rendimiento medidos y que la respuesta a los cambios de estructura del cultivo y nivel nutricional dependieron del material genético utilizado. Así, en el cultivar Marcos Juárez INTA, que mostró en todos los tratamientos mayores valores de biomasa y área foliar, el rendimiento fue el mismo para ambas densidades. En cambio Norkinpan 70 rindió más en alta densidad, diferencia no significativa. La fertilización aumentó el número de espigas por m² en ambos cultivares pero Norkinpan 70 mostró mayor respuesta a este tratamiento ya que también presentó mayor número de granos por espiga.

El número de granos/m² fue el determinante del rendimiento debido a que el peso de los granos no se modificó.

Palabras clave: trigo; densidad de plantas; rendimiento en grano; componentes del rendimiento; fertilización nitrogenada.

PLANT DENSITY AND NITROGEN FERTILIZATION IN WHEAT

1. CULTIVARS MARCOS JUAREZ INTA Y NORKINPAN 70

SUMMARY

We present the response of two spring wheat cultivars to variation of seeding rate and nitrogen fertilization. The treatments were a factorial arrangement of two populations densities (300 and 600 pl/m²) and two nutritional levels. At specific moments in the growing season, leaf area index, biomass and the yield components (ears/m², kernels/ear and weight of those kernels) were measured.

Population density and nutritional level did not significant interaction with respect to the variables already mentioned.

The response to crop structure and nutritional level was a function of the genetic material. The Marcos Juárez INTA cultivar, which showed greater values of biomass and leaf area for all treatments, did not show a higher yield. In contrast, Norkinpan 70, the other cultivar, had a higher yield with the higher density (although this difference was not significant, P = 0,05).

The fertilization increased the numbers of ears/m² in both cultivars: but Norkinpan 70 showed a better response to this treatment because it also responded with an increase in the number of kernels/ear. The number of kernels/m² was the determinant factor in final yield. The kernel weight was not affected by the treatments.

Key words: wheat; plant density; grain yield; yield components, nitrogen fertilization.

(1) Departamento de Producción Vegetal, Cátedra de Cerealicultura, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453, (1417) Buenos Aires, Argentina.

INTRODUCCION

Si el agua y los nutrientes están disponibles para un cultivo en cantidades adecuadas, la intercepción de luz por parte del mismo es el factor limitante del rendimiento. Por lo tanto, el aumento de la densidad de siembra podría ser la manera de lograr mayor aprovechamiento inicial de la radiación incidente por parte del canopeo de un cultivo (Mitchell, 1970). Pero la respuesta de los rendimientos al incremento de la densidad no es lineal. En algunos cereales como trigo, existe un rango amplio de densidades que aseguran máximos rendimientos. Densidades inferiores generan insuficiente cantidad de espigas que no alcanzan para producir el número de granos por metro cuadrado adecuado para el logro de máximos rendimientos. En densidades superiores al rango óptimo, la competencia interplanta que se genera, produce menor rendimiento por espiga, que no es compensado por el mayor número de espigas por metro cuadrado (Magrin y Senigaglia, 1981).

Cuanto más alta es la densidad, más tempranamente en el ciclo se produce la competencia, que afectará el número de espiguillas totales por espiga, el porcentaje de espiguillas fértiles y el número de granos por espiguilla (Darwinkel, 1978).

Existen diversas estrategias para el logro del número óptimo de espigas por unidad de área; algunos modelos europeos utilizan "stand" inicial de 700 pl/m² para el logro de altos rendimientos. En dichos modelos está descartado el macollaje como posibilidad para el logro de espigas; así, la plasticidad de dichos sistemas es escasa. En la Argentina, se usan densidades más bajas, 150 a 320 pl/m² según ciclos, "stands" con mayor plasticidad, pero menos productivos ya que el rendimiento por espiga es menor al provenir muchas de ellas de macollos (Thorne, 1962; Power y Alessi, 1978; Darwinkel *et al*, 1977).

Por otra parte, el nivel de fertilidad nitrogenada del suelo influye sobre el número de

espigas por metro cuadrado y sobre el rendimiento por espiga (Syme, 1972).

En la Argentina no hay antecedentes del empleo de modelos de alta densidad para el logro de altos rendimientos, ni información acerca de la posible relación entre "stand" de plantas y nivel nutricional. Variedades de similar ciclo son sembradas dentro de un estrecho rango de densidades, dependiendo el mismo de la zona. Sin embargo, en un ensayo previo se comprobó que algunos cultivares de ciclo corto, no mostraron hábitos similares, creciendo en forma aislada; por ejemplo, Marcos Juárez INTA presentó mayor número de espigas por planta que Nor-kinpan 70.

Por estas razones se plantean para este trabajo los siguientes objetivos:

1. Estudiar la relación entre dos densidades de siembra y el crecimiento y rendimiento en los cultivares antes mencionados.
2. Analizar el comportamiento de ambos ante una fertilización nitrogenada en macollaje y la relación entre densidad de siembra y nutrición nitrogenada.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Se sembraron en un diseño en bloques completos aleatorizados con cuatro (4) repeticiones, los cultivares Marcos Juárez INTA (MJ) y Nor-kinpan 70 (N 70) el 10 de agosto de 1982.

Las densidades de siembra fueron D1 = 300 pl/m² y D2 = 600 pl/m², en 32 parcelas de 16,8 m², de 12 m de largo y 7 surcos distanciados a 0,20 m de ancho; se usaron para realizar las mediciones los 5 surcos centrales.

El 23 de septiembre, en pleno macollaje, 16 parcelas fueron fertilizadas con 150 kg/ha de urea.

El análisis químico del suelo, que es un loess de relleno, dio los siguientes resultados: MO = 3,04% , N total = 0,18% , pH = 5,7 y P = 16,8 ppm.

Los datos meteorológicos registrados durante el ciclo del cultivo se presentan en la Figura 1.

En distintos momentos del ciclo, se cosecharon 0,50 m lineales por parcela para medir peso fresco, peso seco, área foliar y en madurez, componentes del rendimiento: espigas/m², espiguillas/espigas, granos/espiguilla (se debe aclarar que no se realizó recuento de espiguillas fértiles sobre totales) y peso de los granos.

Las fechas en que se realizaron los cortes y el estado fenológico que presentaban los cultivos se detallan en el cuadro 1, en el que se observa que a partir del segundo corte, al no coincidir en el tiempo el estado ontogénico de los mismos, se optó por realizar los cortes de acuerdo al momento fenológico.

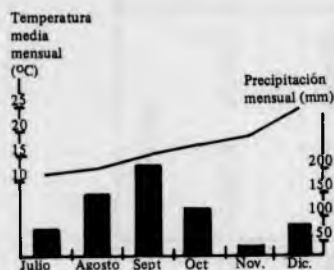


Figura 1: Precipitación mensual (mm) y temperatura media mensual (°C) ocurridas durante el ciclo del cultivo.

RESULTADOS

Se observó que la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada actuaron inde-

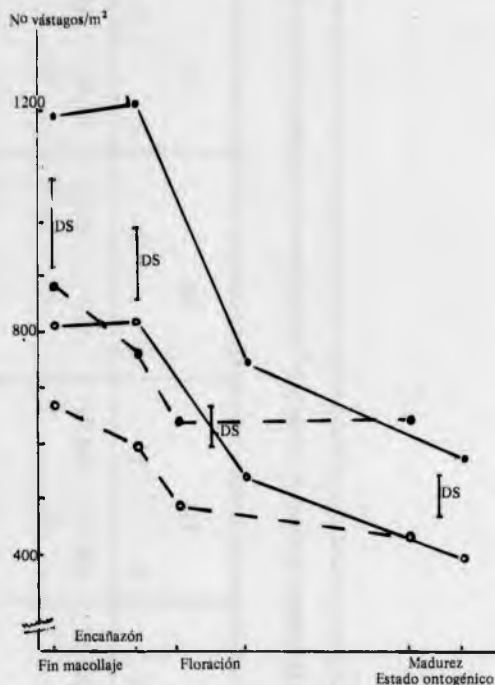


Figura 2: Evolución del número de vástagos por unidad de superficie a partir de fin de macollaje, en los tratamientos — MJ, --- N 70, ○ D1 y ● D2. DS = mínima diferencia significativa (P = 0,05) en cada momento del ciclo.

pendientemente sobre los parámetros de crecimiento y rendimiento estudiados, ya que la interacción entre factores no mostró diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 2) resultados similares a los obtenidos por Magrin y Senigagliaesi (1981).

En general, el número máximo de vástagos por metro cuadrado tuvo relación con el "stand" inicial de plantas. Así, a la mayor

Cuadro 1. Fecha de los distintos cortes y estado fenológico que presentaban los dos cultivares estudiados al momento de realizarlos.

Corte	Marcos Juárez INTA		Norkinpan 70	
	Fecha	Estado Fenológico	Fecha	Estado Fenológico
1	28/9	Fin de macollaje	28/9	Fin de macollaje
2	13/10	Tres nudos	13/10	Vaina engrosada
3	3/11	Floración	20/10	Floración
4	9/12	Madurez fisiológica	30/11	Madurez fisiológica

Cuadro 2: Promedios de la interacción densidad - fertilidad, para: (1) Materia Seca corte 4 (g/m²); (2) Número máximo de vástagos/m²; (3) Rendimiento (qq/ha); (4) Número de granos/m²; (5) Número de espigas/m²; (6) Número de granos/espiga; (7) Peso de 1000 granos (g).

	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)		(6)		(7)	
	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T
D1	965,6	918,98	755,0	860,0	42,08	25,92	10133,06	6267,37	438,75	343,75	23,1	18,32	41,48	41,12
MJ	a	a	a	a	a	b	a	b	a	a	a	a	a	b
D2	1341,0	903,20	1050,0	892,5	40,22	27,09	10184,69	6979,94	631,25	508,75	16,14	13,68	39,5	38,5
	a	a	a	a	a	b	a	a	b	b	b	a	a	a
D1	1038,9	700,62	515,0	607,0	44,43	23,05	11437,63	5696,28	510,0	343,75	22,36	16,59	39,06	40,43
N 70	a	a	a	a	a	b	a	b	a	c	a	a	a	a
D2	1048,2	690,48	733,75	751,25	53,10	28,95	13478,38	7073,53	671,25	598,75	20,23	11,79	39,39	40,95
	a	a	a	a	a	b	a	b	b	b	a	b	a	a
MDS =	500,08		326,03		15,68		3813,83		127,92		6,82		3,91	

Cuadro 3: Efecto de la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada en macollaje sobre los componentes del rendimiento en las variedades MJ y N 70. (1) rendimiento (g/m^2), (2) N° granos/ m^2 , (3) N° espigas/ m^2 , (4) N° granos/espiga, (5) N° granos/espiguilla, (6) N° espiguillas/espiga, (7) Peso de mil granos, (8) Rendimiento/espiga (gr). MDS = mínima diferencia significativa ($P = 0,05$).

		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
MJ	D1	334,65	8200,21	391,25	20,71	1,32	15,61	41,30	0,857
	D2	331,45	8582,32	570,00	14,91	1,05	14,20	39,00	0,584
N70	D1	330,46	8566,95	426,87	19,48	1,45	13,43	39,74	0,773
	D2	408,38	10275,95	635,00	16,01	1,28	12,51	40,17	0,641
MJ	NO	271,50	6623,66	426,25	16,00	1,10	14,55	39,81	0,642
	N1	425,01	10158,87	535,00	19,62	1,27	15,45	40,49	0,798
N70	NO	262,27	6384,91	471,25	14,19	1,13	12,56	39,22	0,579
	N1	511,65	12458,01	590,62	21,29	1,61	13,22	40,69	0,835
MDS		92,04	2238,83	75,09	4,00	0,23	1,72	2,31	0,176

densidad (D2) correspondió en todos los casos, mayor número de macollos totales por unidad de área (Figura 2). En todos los tratamientos, hubo senescencia de vástagos de modo, que el número de espigas por metro cuadrado fue siempre menor al número máximo de vástagos. En los dos cultivares, la supervivencia de los vástagos fue menor en D2, especialmente en el caso de MJ, cultivar en el que sólo produjeron espigas el 45% de los mismos.

De todas maneras, el número de espigas fue siempre mayor en D2 ya que, en ningún caso, el mayor número de vástagos por planta producidos en la menor densidad (D1), logró compensar el efecto del "stand" inicial.

El rendimiento por espiga fue menor en D2, debido principalmente al menor número de granos por espiguilla, diferencia más notable en MJ (Cuadro 3).

Aún cuando no hubo diferencias significativas en el rendimiento por unidad de superficie con relación a la densidad de siembra, en N 70 se notó una tendencia definida

hacia el mayor rendimiento en grano cuando el "stand" inicial fue el más elevado (Cuadro 3).

El efecto de la fertilización en macollaje produjo un aumento marcado en el número de vástagos por unidad de superficie (Figura 3) y de espigas por metro cuadrado; como consecuencia, el rendimiento fue significativamente superior. (Cuadro 3)

La fertilización no modificó en forma significativa el rendimiento por espiga en MJ. En cambio N 70 mostró gran incremento en el número de granos por espiguilla (Cuadro 3).

El cultivar MJ mostró, en todos los casos, mayor biomasa que N 70 (Figura 4).

El número de granos/ m^2 fue el determinante del rendimiento final ($r = 0,988$ y $r = 0,993$ para MJ y N 70, respectivamente), a través del número de espigas/ m^2 ($r = 0,65$ y $r = 0,66$) y número de granos/espiga ($r = 0,63$ y $r = 0,73$), mientras que el número de espiguillas/espiga ($r = 0,56$ y $r = 0,21$) y peso de los granos ($r = 0,48$ y $r = 0,29$) no se modificaron en forma significativa.

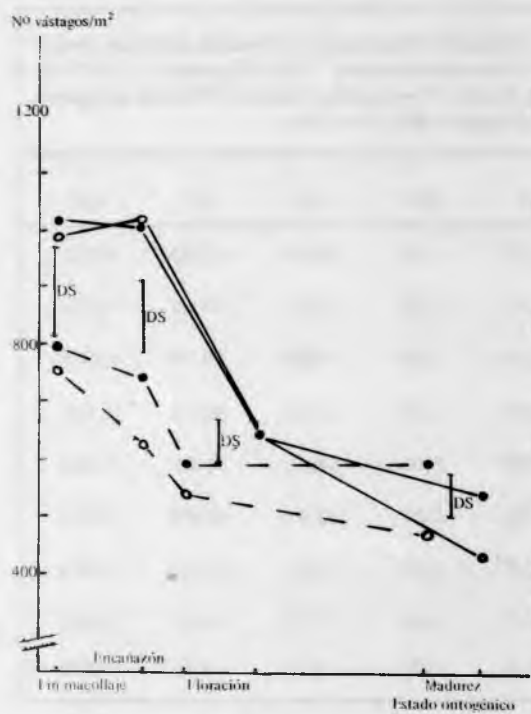


Figura 3: Evolución del número de vástagos por unidad de superficie a partir de fin de macollaje, en los tratamientos: — MJ, -- N 70, • N1 y ° NO.

DS = mínima diferencia significativa ($P = 0,05$) en cada momento del ciclo.

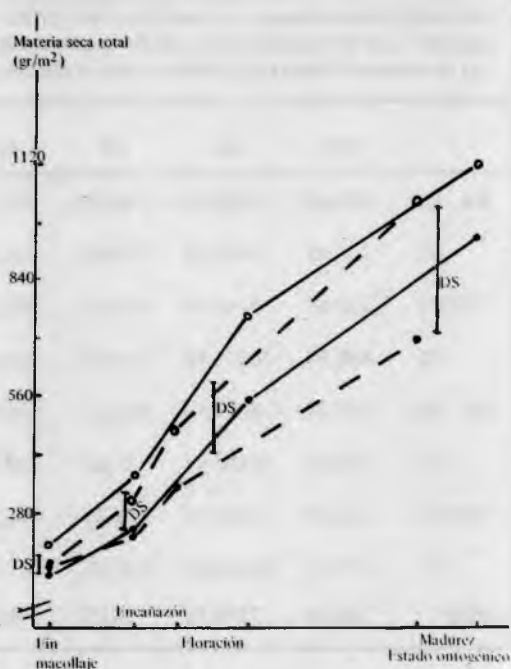


Figura 4: Evolución de la materia seca por unidad de superficie a partir de fin de macollaje, en los tratamientos: — MJ, -- N70, • D1 y ° D2.

DS = mínima diferencia significativa ($P = 0,05$) en cada momento del ciclo.

DISCUSION

Al estudiar los efectos de la densidad de siembra sobre el rendimiento de un cultivo, debe tenerse en cuenta el fenómeno de la competencia que se produce entre plantas de un mismo genotipo, con igual habilidad para explotar el recurso por el cual compiten e idéntica capacidad para hacer uso del mismo.

Donald (1963) estableció que, en trigo, la competencia puede producirse tanto entre plantas como dentro de la misma planta. En densidad de cultivo, el estrés causado por la competencia entre plantas limita en gran medida el rendimiento individual, que pasa a ser sólo una fracción del rendimiento potencial de cada planta.

En este experimento, los trigos mostraron distinto comportamiento con respecto a la variación en el "stand" de plantas: en MJ el rendimiento fue igual en ambos tratamientos; en cambio, N 70 tendió a rendir más en D2 lo que indica que la competencia generada produjo mayor efecto en MJ. En este cultivar el número de vástagos por unidad de superficie fue mayor siendo afectado más tempranamente por la competencia. Esto ocasionó mayor senescencia de macollos a lo largo de todo el ciclo y así, el número de espigas por unidad de área fue menor que en N 70.

Otros autores (Puckridge y Donald, 1967; Darwinkel, 1978 y Thorne y Blacklock, 1971) concluyeron también que, si bien altas densidades presentaron mayor número máximo

de vástagos por metro cuadrado, así como mayor biomasa hasta floración, se evidenciaron diferencias varietales al respecto, principalmente debido a la capacidad de macollaje de los cultivares.

El período de desarrollo de la espiga es la fase del cultivo más sensible a cualquier estrés ambiental. Es negativo el efecto del aumento de la densidad de plantas y de espigas por unidad de superficie sobre el número de granos por espiga.

En ambos cultivares se produjo el efecto mencionado, pero el Nitrógeno redujo la intensidad de la competencia generada sólo en N 70.

El número de granos por espiga está determinado por el número de espiguillas por espiga, el número de primordios florales diferenciados y la proporción de estos que serán viables y fértiles.

El número de espiguillas por espiga es el factor que menos sensibilidad presenta frente a la competencia entre plantas (Darwinkel, 1978). Según Puckridge (1967), cuando las plantas compitieron sólo por luz, el número de espiguillas permaneció constante. Se ha comprobado (Langer y Liew, 1973) que el número de espiguillas sólo fue afectado por deficiencias de Nitrógeno en o cerca del período de doble cresta, es decir del inicio de formación de las espigas. Es posible que el Nitrógeno presente en el suelo hasta ese estado no haya sido limitante en este experimento, ya que dicho componente del rendimiento no sufrió modificaciones en ninguno de los tratamientos realizados.

El componente del rendimiento por espiga más afectado por los tratamientos fue el número de flores fértiles o viables por espiguilla, notándose diferente respuesta varietal. Así, en MJ fue el "stand" de plantas ($r = 0,70$): (resultados similares a los obtenidos por Willey y Holliday, 1971), mientras que en N 70, la fertilización nitrogenada ($r = 0,64$), lo que determinó la respuesta con relación a este componente (resultados similares a los obtenidos por Power y Allesi, 1978).

Ambos cultivares mostraron mayor nú-

mero de espigas por metro cuadrado al fertilizar, pero el rendimiento por espiga sólo fue mayor en N 70, y así este cultivar mostró mayor respuesta al tratamiento con Nitrógeno.

Se corroboró que el número de granos por unidad de superficie fue el principal determinante del rendimiento final y que, por el contrario, el peso de los granos no mostró variaciones en los tratamientos realizados, resultados que coinciden con los obtenidos por Spiertz (1978).

CONCLUSIONES

1. El nivel de fertilidad nitrogenada y densidad de siembra actuaron independientemente sobre producción de materia seca por unidad de superficie, número de vástagos por unidad de área y componentes del rendimiento de los cultivares estudiados.
2. En MJ, la densidad no modificó el rendimiento mientras que N 70 tendió a rendir más cuando el "stand" inicial fue mayor. Sólo en este último se podría aumentar el rendimiento a través de la modificación en el "stand" de plantas.
3. El número de granos por unidad de superficie fue el determinante del rendimiento, a través del aumento en el número de espigas por m^2 y el número de granos por espiga, especialmente en los tratamientos con Nitrógeno.
4. Los componentes del rendimiento por espiga: número de espiguillas por espiga y peso de los granos, no se modificaron ante los tratamientos realizados.
5. Se sugiere la necesidad de continuar con este tipo de ensayos, caracterizando comportamiento de los cultivares ante variaciones en la densidad de siembra y fertilización.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración prestada por el Ingeniero Agrónomo C. A. Callone en la recolección de datos y al Ingeniero Agrónomo Fernando Andrade por sus críticas y sugerencias durante la elaboración del manuscrito.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Darwinkel, A., 1978. Patterns of tillering and grain production of winter wheat at a wide range of plant densities. *Neth. J. agric. Sci.* 26: 383-398.
- 2) Donald, C. M., 1963. Competition among crop pasture plants. *Adv. Agron.* 15: 1-118.
- 3) Langer, R. H. M. and Liew, F. K. I., 1973. Effects of varying nitrogen supply at different stages of the reproductive phase on spikelet and grain production and on grain nitrogen in wheat. *Aust. J. agric. Res.* 24: 647-656.
- 4) Magrin, G. y Seniglagliesi, C., 1981. Variación del rendimiento y sus componentes bajo diferentes densidades de siembra y dosis de fertilización nitrogenada. INTA. EERA Pergamino, Carpeta de Producción Vegetal. Tomo III N° 36.
- 5) Mitchell, R. L., 1970. Crop growth and culture. The Iowa State University Press. pág. 103-125.
- 6) Power, J. F. and Alessi, J., 1978. Tiller development and yield of standard and semidwarf spring wheat varieties as affected by nitrogen fertilizer. *J. agric. Sci. Camb.* 90: 97-108.
- 7) Puckridge, D. W., 1967. Competition for light and its effects on leaf and spikelet development of wheat plants. *Aus. J. agric. Res.* 19: 191-211.
- 8) Puckridge, D. W. and Donald, C. M., 1967. Competition among wheat plants sown at a wide range of densities. *Aust. J. agric. Res.* 18: 193-211.
- 9) Spiertz, J. H. J., 1978. Grain production and assimilate utilization of wheat in relation to cultivar characteristics, climate factors and nitrogen supply. *Agric. Res. Rep.* 881: 1-29.
- 10) Syme, J. R., 1972. Features of high yielding wheats grown at two seeds rates and nitrogen levels. *Aust. J. exp. Agric. anim. Husb.* 12: 165-170.
- 11) Thorne, G. N., 1966. Physiological aspects of grain yield in cereals. En "The growth of cereals and grasses". Ed. F. Milthorpe y J. Irvins. Butterworth, Londres. 88-105.
- 12) Thorne, G. N. and Blacklock, J. C., 1971. Effects of plant density and nitrogen fertilizer in grown and yield of short varieties of wheat derived from Norin 10. *Ann. appl. Bot.* 78: 92-111.
- 13) Willey, R. W. and Holliday, R., 1971. Plant population, shading and thinning studies in wheat. *J. agric. sc. Camb.* 77: 453-461.