

El efecto de la época de siembra y la fertilidad sobre el rendimiento y sus componentes de tres especies graníferas invernales en la región de las planicies con tosca de la provincia de La Pampa.

The effect of the sowing date and the fertility on the yield and their components of three small grain species in the region of the plains with petrocalcic subsoil layer of La Pampa province.

Fernández, M. A.¹

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de la época de siembra y la fertilidad sobre el rendimiento de grano y sus componentes, de tres especies graníferas invernales en la región de las planicies con tosca de La Pampa. Con esta finalidad se utilizaron: trigo candeal (*Triticum durum* Desf.), trigo pan (*T. aestivum* L.) y triticale (*X Triticosecale* Wittmack) durante tres estaciones de crecimiento, en dos épocas de siembra (principio de julio y principio de agosto) y en dos condiciones de fertilidad (testigo y fertilizado con nitrógeno y fósforo).

La primera época de siembra siempre mostró mayor rendimiento que la segunda. La disminución del rendimiento de grano estuvo dada en su mayor parte por un menor número de granos por espiga y un peso de los granos levemente más liviano. Esta reducción en los componentes mencionados se manifestó en un menor índice de cosecha. La mayor variación en el rendimiento de grano fue causada por la estación de crecimiento y sus condiciones hídricas, no obstante que la época de siembra y el genotipo influyeron significativamente. El triticale fue más estable ante condiciones de baja disponibilidad hídrica que el trigo candeal y el trigo pan. La fertilización mostró un comportamiento dispar, con un año en el cual provocó un aumento en el rendimiento de grano, otro en el que no se modificó y un tercero en el que se produjo una disminución en el mismo.

Por último, el rendimiento de grano de cereales invernales se puede aumentar mediante herramientas de manejo que no implican una gran modificación del costo de producción de un cultivo, como la elección de la especie y la época de siembra.

Palabras Clave: cereales invernales, época de siembra, fertilidad y estación de crecimiento.

¹ Cátedra de Cultivos II, Facultad de Agronomía, UNLPam. Ruta Nac. N° 35 km 334. CC 300 (CP 6300), Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

* E-mail: mfernandez@agro.unlpam.edu.ar

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze the effect of the sowing date and the fertility on the grain yield and their components of three small grain species in the region of the plains with petrocalcic subsoil layer of La Pampa. With this purpose were used: durum wheat (*Triticum durum* Desf.), bread wheat (*T. aestivum* L.) and triticale (X *Triticosecale* Wittmack) during three growing seasons, in two sowing dates (principle of July and principle of August) and under two fertility conditions (control and nitrogen-phosphorous fertilizers).

The first sowing dates always showed greater yield than the second. The reduction of the grain yield was given in its main part by a decrease in the number of grains for spike and in smaller measure of the weight grains. This diminution in the mentioned components showed in a smaller harvest index. The greatest variation in the grain yield was due to the effect of the growing season and its water availability, nevertheless that the sowing date and the genotype influenced significantly. The triticale was more stable before low water availability conditions than durum and bread wheat. The fertilization showed an unequal behaviour, with one year in that the grain yield increased, another in that it didn't modify it and another in which produced a decrease in the same one.

Lastly, the grain yield of small grains you can increase with handling tools that don't imply a great modification in the cost of production of a crop, as the election of the genotype and the sowing date.

Key words: small grains, sowing date, fertility, and growing seasons.

INTRODUCCIÓN

Los cereales de invierno son importantes en la producción agropecuaria de la región semiárida pampeana central (RSPC). En esta región el cereal de invierno más difundido es el trigo pan (*Triticum aestivum* L.). No se cultiva aún el trigo candeal (*Triticum durum* Desf.) ni el triticale granífero (X *Triticosecale* Wittmack) (Lorda *et al.*, 2001). El trigo candeal es cultivado en zonas semiáridas y de alta variabilidad climática del mundo, que reciben menos de 350 mm durante el ciclo. Es más tolerante a la sequía que el trigo pan (Bozzini, 1988). En Argentina, el triticale sólo se cultiva para pastoreo directo del ganado (Pérez *et*

al., 2004). Sin embargo, existen algunas líneas experimentales que han mostrado características aptas para la producción de harina para galletitas (León *et al.*, 1996; Rubiolo *et al.*, 1998). También la harina de triticale puede mezclarse con la de trigo en la elaboración de pan (Hede, 2000). La introducción del triticale granífero puede ser importante en rotaciones de cultivos en zonas semiáridas debido a una mayor producción de rastrojo que trigo y cebada (Hede, 2000), además que la diversificación de los cultivos aumenta la estabilidad y reduce el riesgo de los sistemas agropecuarios (Loomis & Connor, 2002).

Los factores que permiten elegir una fecha de siembra difieren con el sistema de cultivo, el clima y a diferencia de otras prácticas agronómicas no implica un aumento de los costos de producción. La variación inter-anual de la temperatura y de la radiación frecuentemente determina que sea más apropiado encontrar un cultivar mejorado que modificar la fecha de siembra (Dennett, 1999). En otro sentido, la variación en la época de siembra en trigo determina cambios sustanciales en el ambiente que explorará el cultivo lo cual modifica la duración de los eventos fenológicos y la capacidad de captura de radiación, determinando la producción de biomasa y consecuentemente el rendimiento de grano (Otegui & López Pereira, 2003).

En Oregon (EEUU) se observó una época de siembra óptima en trigo pan y atrasándola o adelantándola el rendimiento de grano disminuyó. El grado de declinación dependió de las condiciones ambientales del año y los genotipos seleccionados (Chen *et al.*, 2003). La disminución del rendimiento a medida que se atrasa la fecha de siembra también fue reportada en Canadá (Fowler, 1983; Spaner *et al.*, 2000) y en Australia (Stapper & Fischer, 1990). La selección de una época de siembra óptima no fue tan clara en un experimento realizado con triticale durante tres años y en tres regiones de Iowa (EEUU), porque si bien hubo diferencias significativas se detectó una interacción entre la región de cultivo y el año sobre el rendimiento de grano (Schwarte *et al.*, 2006).

En Pergamino (Arg.), en una serie de diez años de ensayos comparativos de rendimiento de grano de trigo pan con cuatro épocas de siembra solamente mostró menores rendimientos la época temprana

(principio de junio) mientras que las otras tres (principio de julio, mediado de julio y principio de agosto) no se diferenciaron estadísticamente (Polidoro *et al.*, 1998).

El rendimiento está fuertemente asociado al número de granos por unidad de superficie, aunque cuando se fijan pocos, normalmente, se obtienen granos con un mayor peso individual y el ambiente tiene gran influencia sobre ambos (Evans & Wardlaw, 1976). Debido a que el número de granos por m² se determina en un momento del ciclo y el peso de los granos en otro, se puede asociar la variación del rendimiento y de los componentes que se generan en cada período a las limitantes ambientales y bióticas que sucedan en cada uno de ellos (Brancourt-Hulmel *et al.*, 1999).

En un estudio realizado en Washington (EEUU) se observó que el retraso en la fecha de siembra de trigo pan disminuyó la producción de biomasa aérea y el rendimiento de grano. También se redujeron el número de espigas por unidad de superficie y ligeramente el peso de los granos, mientras que aumentó el índice de cosecha y el número de granos por espiga permaneció sin cambios (Donaldson *et al.*, 2001). Schwarte *et al.*, (2004) observaron una caída en la producción de espigas fértiles, mientras que no pudieron detectar modificaciones en el peso de los granos. Fokar *et al.*, (1998) encontraron una clara reducción del peso de los granos cuando las temperaturas durante el llenado fueron superiores a 35 °C. Sofield *et al.*, (1977) encontraron una disminución del peso de los granos a casi la mitad cuando el régimen de temperaturas día/noche durante el llenado aumentó desde 21°C/16°C a 31°C/25°C.

La fecha de siembra y la aplicación

de fertilizantes pueden modificar el desarrollo del cultivo, expresado en el número de granos potenciales por unidad de superficie para su posterior llenado (Dennett, 1999).

Lin & Binns (1989) demostraron que para estudiar la variación ambiental no predecible no se pueden reemplazar los años por las épocas de siembra, más bien se deberían utilizar en combinación. Este tipo de investigaciones requieren de varios años de información para muestrear completamente el ambiente objetivo (Cooper *et al.*, 1997). Para seleccionar genotipos superiores no hay vía más fácil y segura que probar ampliamente el ambiente en cuestión (Troyer, 1996).

Hipótesis

La producción de granos de los cultivos invernales anuales disminuirá en épocas de siembra tardías, además ésta disminución no se compensará con el aumento de la fertilidad.

Objetivos

Evaluar el rendimiento de grano (kg ha⁻¹) y los componentes del mismo y su variación por el efecto del año agrícola, la época de siembra y la fertilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar experimental

Los ensayos fueron realizados entre los años 2004 y 2006 en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la UNLPam., ubicado en 36° 32' 49" de Lat.

Sur y 64° 18' 20" de Long. Oeste, a 210 msnm. La región fue clasificada en el tipo agroclimático 'CC'B₁D'' por Pascale & Damario (2004). La primera C la ubica dentro las zonas con fotoperíodo mediano (entre 5h y 6h 30min de amplitud fotoperiódica anual). La C' comprende a la termofase negativa y caracteriza a aquellas regiones térmicas moderadamente frías (con temperatura media del mes más frío entre 5,5° y 10°C). La B₁ indica la termofase positiva del periodo vegetativo y que pertenece a un agroclima templado (temperatura media del trimestre posterior al equinoccio de primavera entre 17° y 20°C). La D'' corresponde a las regiones hidrológicas y se clasifica como subhúmedo-seco, en base a la humedad disponible en el período crítico que es el mes alrededor de la espi-gazón (entre -1 y -25 mm de deficiencia hídrica).

El suelo es un haplustol éntico, con las proporciones de arcilla, limo y arena, 10%, 20% y 70%, respectivamente, con escasa pendiente superficial y un manto de tosca en el subsuelo, a una profundidad que varía entre 0,7m y 1,0m. El rango de algunos parámetros del suelo al momento de la siembra para el año 2004, 2005 y 2006 fueron: materia orgánica (Walkley & Black, 1934); 1,22, 1,17 y 1,35 %; fósforo disponible (Bray & Kurtz, 1945); 8,4, 11,7 y 10,5 ppm y nitrógeno de nitratos (West & Lyles, 1960): 6,6, 8,2 y 7,9, respectivamente, en los primeros 20 cm. de suelo.

Material vegetal

Los genotipos fueron evaluados durante tres años con el objetivo de registrar respuestas diferenciales causadas por el ambiente. La variedad de trigo candeal utili-

zada fue: Buck Cristal, la variedad de triticales granífero fue: Eronga 83 TCL originada en el CIMMYT y la variedad de trigo pan fue: Buck Guaraní. La variedad dentro de cada especie fue elegida por tener un ciclo fenológico semejante y además por haber mostrado buen comportamiento en ensayos de cada una de las especies realizadas en el sitio experimental.

Las fechas de siembra elegidas fueron: la primera semana de julio y la primera semana de agosto. Se descartó estudiar una fecha más temprana debido al peligro de heladas tardías en el momento de floración. Las densidades de siembra de la primera y la segunda época fueron de 280 y 350 semillas viables m^{-2} , respectivamente. La siembra fue realizada sobre una cama de siembra convencional con barbecho previo en base a labores mecánicas de repaso. El cultivo antecesor en los tres años fue una pastura asociada entre alfalfa (*Medicago sativa* L.) y festuca (*Festuca arundinacea* Schreb.).

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue en bloques completamente aleatorizados, con cuatro réplicas de cada tratamiento por año en parcelas de 6 x 1,4m; con 7 surcos separados a 0,20 m entre ellos. La fertilidad del suelo fue modificada con respecto a un testigo por medio de una fertilización compuesta por: 100 kg ha^{-1} de fosfato diamónico a la siembra + 100 kg ha^{-1} de urea en macollaje temprano. El control de las malezas fue realizado con herbicidas en el estado 13 a 14 de Zadoks *et al.*, (1974). Se utilizó una combinación de Metsulfurón Metil (6g i.a. ha^{-1}) y Dicamba (100 cc ha^{-1}).

Estados fenológicos

Para observar la ocurrencia estados fenológicos más importantes se utilizó la clave de estados de desarrollo descriptos por Zadoks *et al.*, (1974):

- a) Estado 10, emergencia de las plántulas.
- b) Estado 65, emergencia de anteras fuera de la espiga.
- c) Estado 89, madurez fisiológica, detectado visualmente por el amarillamiento total de la espiga.

Componentes de Rendimiento

Los componentes se valoraron sobre una superficie de 1 m^2 , tal como lo recomiendan Bell & Fischer (1994).

- a) Número de espigas: Se realizó el recuento total de espigas fértiles a cosecha.
- b) Número de granos por espiga: Se tomaron 10 espigas al azar y se las trilló manualmente para determinar el componente.
- c) Peso de los granos: Se tomaron al azar dos muestras de 200 granos por parcela y fueron llevadas a peso constante en estufa a 70 °C durante 48 h.
- d) Rendimiento de grano: Se determinó trillando 1 m^2 y fueron llevadas a peso constante en estufa a 70 °C durante 48 h.

Otras determinaciones:

- a) Biomasa aérea: Se cortó a nivel el suelo 1 m^2 con igual procedimiento que en el rendimiento de grano.
- b) Índice de Cosecha (IC): el cociente entre el rendimiento de grano la biomasa aérea.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de cada experimento se realizó por medio de Análisis de la Varianza (ANOVA) para evaluar el

efecto de los tratamientos sobre cada variable (Steel & Torrie, 1989). Se utilizó la prueba de Tukey para determinar la diferencia mínima significativa que permitió la separación de las medias de los tratamientos.

Para realizar el análisis como grupo de experimentos, primeramente se realizó un ANOVA año por año (Snedecor & Cochran, 1977). La comparación de las varianzas (cuadrado medio del error de cada ensayo) se realizó por los métodos de Bartlett (1937) y Cochran (1954) desarrollados en Snedecor & Cochran (1977). El análisis de grupo de experimentos se basó en un modelo donde el año se consideró un factor aleatorio y la época de siembra un factor fijo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fenología

La duración del ciclo total de crecimiento fue semejante en los tres genotipos (Z10 a Z89 de Zadoks *et al.*, 1974) (Figura 1). El período desde la emergencia hasta la floración de los tres genotipos (Z10 a Z65) fue similar con la particularidad de que Eronga 83 emergió y llegó a la antesis unos días antes que B. Cristal y B. Guarani. Por el contrario, el periodo de llenado de los granos (desde Z65 al Z89) de Eronga 83 fue levemente mayor que el de B. Guarani y B. Cristal. El trigo candeal mostró una leve tendencia a llegar a la antesis unos días después que el trigo pan.

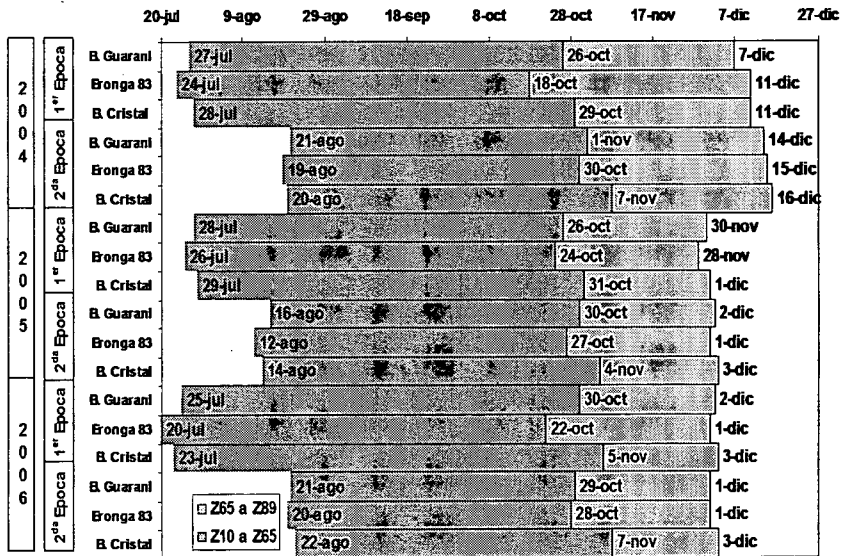


Figura 1. Efecto de la época de siembra sobre el desarrollo de las tres especies, en tres años. Z10 = emergencia del cultivo; Z65 = antesis plena y Z89 = fin del llenado de los granos. Los Estados fenológicos fueron determinados de acuerdo al código descrito por Zadoks *et al.*, (1974).

Hubo un gran efecto del año sobre la duración del llenado de los granos. En el año 2004, precipitaciones suficientes y temperaturas moderadas durante el llenado de los granos (Tabla 1) demoraron la finalización del período hasta mediados de diciembre, dependiendo de la época de siembra. Por el contrario, en los dos años

restantes (2005 y 2006) la escasa precipitación y una mayor temperatura durante dicho período aceleraron el llenado de los granos, finalizando al inicio del mes de diciembre. La época de siembra tardía aceleró principalmente el período desde Z10 a Z65.

Tabla 1. Precipitación y temperatura media mensual en Santa Rosa, La Pampa.

Precipitaciones	Agua útil en Z10 (mm)		Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
	1° época	2° época	mm					
Precipitación media ¹	-	-	19,0	21,4	36,9	71,9	78,2	79,9
Precipitación 2004	118,2	96,3	79,0	33,6	8,0	89,6	85,9	131,0
Precipitación 2005	40,5	35,1	6,8	13,6	58,4	49,9	24,0	61,5
Precipitación 2006	116,9	93,8	3,0	19,2	7,0	142,0	14,9	65,0
ETP ² (mm)	-	-	15,0	25,1	39,1	66,8	93,7	127,0
Temperatura	oC							
T. M. 2004	-	-	8,6	9,6	13,4	15,1	18,1	20,9
T. M. 2005	-	-	8,4	9,8	11,9	15,3	21,0	21,6
T. M. 2006	-	-	9,7	10,0	13,6	17,5	19,6	23,4
T. M. histórica 3	-	-	7,6	9,8	12,3	15,8	19,0	22,1

Fuente: ¹elaborado en base a información del Gobierno de La Pampa (2006) del período 1921-2002. T. M. = temperatura media mensual. ²ETP = evapo-transpiración potencial realizada por el método de Thornthwaite (1948). ³ Vergara y Casagrande (2002).

Rendimiento

Para la evaluación del efecto del año sobre el rendimiento de grano debió compararse primeramente el cuadrado medio del error (CME) de los ensayos anuales. Los ANOVA del rendimiento de grano mostraron que el CME experimental del año 2005 fue el más bajo de los tres años (Tabla 2). Con el objetivo de determinar la homogeneidad de las varianzas de los ensa-

yos y así poder realizar el análisis conjunto como grupo de experimentos se sometió a los CME a las dos pruebas mencionadas en materiales y métodos. La prueba de homocedasticidad de Cochran arrojó un valor calculado de 0,4837. El valor obtenido de la tabla de Cochran (36 g.l.; $p = 0,05$) fue = 0,4748, por lo que se rechaza la hipótesis de homocedasticidad entre las varianzas de los ensayos. También se probó mediante la prueba de Bartlett con la cual se obtuvo un

Tabla 2. ANOVA del efecto de la época de siembra, el genotipo y la fertilidad sobre el rendimiento en grano (kg ha⁻¹).

F. V.	2004			2005			2006		
	CM	F	P	CM	F	P	CM	F	P
Bloque	45.867	0,67	0,58	17.581	1,25	0,31	244.595	3,15	0,04
Época	2.156.040	31,3	<0,01	1.272.054	90,10	<0,01	3.702.963	47,60	<0,01
Genotipo	2.901.762	42,1	<0,01	1.733.274	123,00	<0,01	6.046.105	77,80	<0,01
Fertilidad	4.246.515	61,7	<0,01	33.920	2,40	0,13	541.025	6,96	0,01
Ép. x Gen.	30.287	0,44	0,65	222.189	15,70	<0,01	41.573	0,53	0,59
Ép. x Fert.	82.917	1,2	0,28	990	0,07	0,79	16.950	0,22	0,64
Gen. x Fert.	379.951	5,52	<0,01	20.165	1,43	0,25	15.514	0,20	0,82
Ép. x Gen. x Fert.	53.396	0,78	0,47	14.153	1,00	0,38	42.672	0,55	0,58
Error	68.857			14.115,10			77.727		
CV (%)	10,2			30,7			17,3		

Obs: Ép. = época, Gen = genotipo, Fert. = fertilidad, CM = cuadrado medio, F = Cociente entre los CM y P = probabilidad.

Valores sombreados mostraron un efecto estadísticamente significativo.

valor correspondiente a una distribución $\chi^2 = 23,1278$. El valor obtenido se compara con el valor de la tabla de χ^2 para $P = 0,05$ y 2 g.l., obteniéndose idéntico resultado que con la prueba de Cochran. Debido a la heterogeneidad de las varianzas se debió buscar una transformación adecuada de los datos. Se aplicó la raíz cuadrada a la variable rendimiento de grano y se realizó nuevamente el ANOVA a los datos transformados, se lograron los siguientes resultados con las pruebas de homogeneidad: Cochran = 0,4702 ns y Bartlett = 4,3266 ns.

El análisis de los datos transformados como grupo de experimentos permitió evaluar los tres años analizados en conjunto y se obtuvo una estimación del efecto aleatorio de los mismos (Tabla 3). Se detectaron interacciones del año con el genotipo, con la época de siembra y con la condición de fertilidad. En el análisis del grupo de experimentos se observó un fuerte efecto del

ambiente. El 77,8% de la variación de la Suma de Cuadrados (SC) que explicó el modelo (exceptuando el error experimental) fue atribuible al año agrícola, 4,3% a la época, 13,3% al genotipo. El aporte de las interacciones a esta variación fue proporcionalmente muy bajo con respecto a los factores antes mencionados; si bien en los casos en los que intervino el año fueron significativas. Resultados similares obtuvieron Fraschina & Masiero (1994) en ensayos regionales de trigo de las zonas II norte y sur y IV de Argentina. Esta proporción fue distinta a la obtenida por Reynolds *et al.*, (2004) quienes determinaron un 23% de variación debido al efecto ambiental, 57% al genotipo y 20% a la interacción genotipo por ambiente. Este menor efecto del ambiente se atribuye a la aplicación de riego.

Las interacciones observadas obligaron a estudiar el efecto de la época de siembra, del genotipo y de la fertilidad de cada año por separado.

Tabla 3. Análisis de la raíz cuadrada del rendimiento de grano en el grupo de experimentos.

F. V.	S. C.	g.l.	C. M.	F	Prob.	(%) S.C.
Año	26.902,70	2	13.451,40	722,60	<0,01	77,8
Año (bloque)	167,50	9	18,60	2,04	0,04	-
Época	1504,40	1	1.504,40	165,20	<0,01	4,3
Genotipo	4594,20	2	2.297,10	252,20	<0,01	13,3
Fertilidad	13,10	1	13,10	1,44	0,23	0,0
Ép. x Gen.	30,40	2	15,20	1,67	0,19	0,1
Ép. x Fert.	0,30	1	0,30	0,03	0,87	0,0
Ép.x Año	92,20	2	46,10	5,06	<0,01	0,3
Gen. x Fert.	18,70	2	9,40	1,03	0,36	0,1
Gen. x Año	621,90	4	155,50	17,07	<0,01	1,8
Fert. x Año	498,30	2	249,20	27,36	<0,01	1,4
Ép. x Gen. x Fert.	5,40	2	2,70	0,29	0,75	0,0
Ép. x Gen. x Año	55,70	4	13,90	1,53	0,20	0,2
Ép. x Fert. x Año	16,90	2	8,40	0,93	0,40	0,0
Gen. x Fert. x Año	49,40	4	12,40	1,36	0,26	0,1
Ép. x Gen.x Fert. x Año	26,70	4	6,67	0,73	0,57	0,1
Error	901,70	99	9,11			
Total	35.499,40	143				

Obs: Ep. = época, Gen = genotipo, Fert. = fertilidad, CM = cuadrado medio, F = Cociente entre los CM y P = probabilidad.

Valores sombreados mostraron un efecto estadísticamente significativo.

La época de siembra y el genotipo fueron dos factores que influyeron significativamente sobre el rendimiento de grano en los tres años analizados. En cambio, la modificación de fertilidad del suelo mostró un comportamiento aleatorio. En el año 2005 la fertilización no tuvo un efecto significativo sobre el rendimiento, mientras que en los otros dos años sí, produciendo un efecto contrapuesto (Tabla 2). En el año 2004 la fertilización aumentó el rendimiento en grano de las tres especies en las dos épocas de siembra. Por el contrario, en el año 2006 la fertilización produjo una disminución del rendimiento de grano debido a un menor IC a pesar de lograr similar y en algunos casos mayor cantidad de biomasa aérea que los tratamientos no fertilizados (Tabla 4).

El rendimiento de grano de los tres genotipos disminuyó con el atraso en la época de siembra de los tratamientos fertilizados (Figura 2). Kelley (2001) encontró que el óptimo en la época de siembra varió con el genotipo y con la estación de crecimiento. El triticale mostró mayor rendimiento de grano en los tres años y en las dos épocas de siembra. La caída del rendimiento fue semejante en los tres años independientemente de las precipitaciones (en el año 2004 fueron superiores durante el llenado de los granos). Tampoco se puede atribuir a una mayor temperatura media durante éste período (Tabla 1). Contrariamente a lo observado por Savin (1990) quien encontró que la temperatura media durante el llenado estuvo inversamente relacionada con el peso máximo de los gra-

Tabla 4. Efecto del año agrícola, la época de siembra, el genotipo y la fertilidad sobre el rendimiento, la biomasa aérea y el índice de cosecha.

		2004				2005				2006				
		Primera		Segunda		Primera		Segunda		Primera		Segunda		
		T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	
Rendimiento en grano (kg h^a-¹)														
Cristal	2.411ab	2.550a	1.778a	2.350a	86a	138a	34a	25a	1.406a	1.189a	917a	794a		
Guaraní	2.296a	2.769a	1.942a	2.442ab	553b	512ab	232b	151b	1.913a	1.635a	1.333a	1.043a		
Eronga	2.846b	3.769b	2.313b	3.274b	1.103c	906b	473c	430c	2.618b	2.588b	2.133b	1.797b		
Int.														
G x F	P=0,0104		ns		ns		ns		ns		ns		ns	
Biomasa aérea (kg h^a-¹)														
Cristal	6.769a	7.600a	6.831a	7.500a	4.734a	4.505a	3.684a	3.454a	6.450a	7.125a	5.349a	7.025a		
Guaraní	7.362a	8.036a	6.054a	7.334a	5.518a	5.558a	4.114ab	4.011b	7.088a	6.863a	7.213a	7.394a		
Eronga	7.600a	10.688b	6.481a	9.539a	5.977a	5.692a	4.973b	5.809c	9.450b	10.125b	9.581b	11.193b		
Int.														
G x F	P=0,0021		ns		ns		P=0,0088		ns		ns		ns	
Índice de Cosecha														
Cristal	0,33a	0,34a	0,26a	0,31a	0,02a	0,03a	0,01a	0,01a	0,22a	0,17a	0,17a	0,11a		
Guaraní	0,34a	0,35a	0,32ab	0,33a	0,10b	0,09b	0,06b	0,04b	0,27b	0,24b	0,18a	0,14ab		
Eronga	0,37b	0,35 ^a	0,36b	0,34a	0,18c	0,16c	0,09c	0,07c	0,28b	0,26b	0,22b	0,16b		
Int.														
G x F	ns		ns		ns		P=0,0488		ns		ns		ns	

Referencias: Primera y segunda = épocas de siembra. F = fertilizado; T = testigo. Int. G x F = interacción genotipo por fertilidad. ns = no significativo. Letras iguales no difieren estadísticamente con la prueba de Tukey ($P < 0,05$) dentro de la columna.

nos. El trigo pan rindió más que el trigo candeal en las dos épocas de siembra, pero su caída del rendimiento desde la primera a la segunda época fue mayor en los tres años estudiados, inclusive en el año 2004 de buena disponibilidad hídrica en este período. Esto podría indicar una mayor adaptación a llenar los granos con mayor temperatura del trigo candeal. El triticale parece tener una mayor sensibilidad a la temperatura media durante el llenado del grano que los trigos candeal y pan, tal como lo observaron Reynolds *et al.* (2004).

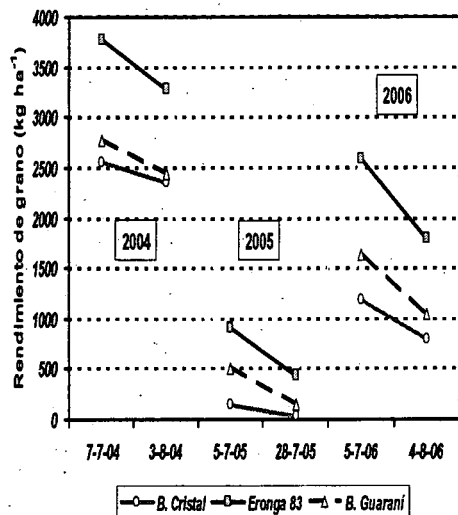


Figura 2. Efecto de la época de siembra sobre el rendimiento de los tres genotipos en los tratamientos fertilizados.

Partición de la biomasa aérea:

La biomasa aérea no sufrió variaciones tan marcadas con la época de siembra como el rendimiento de grano (Tabla 4). En Australia, Connor *et al.* (1992) arribaron a resultados similares en trigos invernales, para quienes la biomasa disminuyó desde 11,3 a 9,9 Ton ha⁻¹, con siembras

desde mayo a junio mientras que el rendimiento en grano disminuyó de 4,3 a 1,6 Ton ha⁻¹. En cambio el IC mostró grandes fluctuaciones con el año y se redujo siempre con el atraso de la época de siembra. El mayor valor de IC fue obtenido en el año 2004, cuya estación de crecimiento se caracterizó por una sequía temprana en septiembre durante el macollaje y luego mejoró la condición hídrica hasta el final del ciclo (Tabla 1), no logrando un elevado número de granos por m², pero si un buen peso de los mismos. En el año 2005 los cultivos sufrieron por la sequía en todo el ciclo, potenciado por una escasa cantidad de agua almacenada al momento de la siembra, lo que provocó la disminución de la biomasa pero primordialmente del IC (Tabla 4). En el año 2006 se registró una sequía terminal o de final de ciclo (Tabla 1) con una buena producción de biomasa, pero con un IC menor que en el año 2004.

Componentes del rendimiento

A medida que el ciclo ontogénico de los cultivos avanza quedan definidos los distintos componentes numéricos del rendimiento de grano. En general, estos se pueden englobar en dos fracciones: el número de granos por m² y el peso de los mismos. El número de granos por m² es un componente primordial en la determinación del rendimiento de la mayoría de los cultivos anuales de cosecha (Fischer, 1975). El número de granos por m² en el cultivo de trigo queda definido en el momento del cuaje de los frutos; unos días después de la antesis (Fischer, 1985). Los valores medios de los componentes de rendimiento a través de los años y el efecto de los tratamientos se reflejan en la Tabla 5.

Tabla 5. Efecto del año agrícola, la época de siembra, el genotipo y la fertilidad sobre los componentes del rendimiento.

	2004				2005				2006			
	Primera		Segunda		Primera		Segunda		Primera		Segunda	
	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
Espigas por m²												
Cristal	299,9a	315,9a	263,5a	251,2a	90,8a	100,0a	148,3a	126,7a	162,5a	184,6a	226,7a	242,9a
Guaraní	300,0a	315,9a	275,3a	399,4b	231,7b	220,8b	173,4ab	148,4a	270,9b	256,3b	331,7b	349,6b
Eronga 83	291,7a	358,4a	173,8b	268,9a	225,0b	208,4b	196,7b	206,7b	220,0ab	273,8b	309,6ab	335,5ab
Int. G x F	ns		P=0,0003		ns		ns		ns		ns	
Número de granos por espiga												
Cristal	14,45a	14,86a	20,23a	13,78a	3,08a	3,22a	0,75a	0,63a	24,43a	18,78a	13,85a	12,55a
Guaraní	21,88b	27,86b	20,15a	23,13b	10,08b	9,54b	5,30b	4,33b	31,78ab	27,83a	22,70b	20,70ab
Eronga 83	21,45ab	23,55b	29,35b	31,68c	20,22c	17,89c	9,48c	8,93c	39,48b	31,43a	24,68b	25,05b
Int. G. x F	ns		P=0,0072		ns		ns		ns		ns	
Número de granos por m²												
Cristal	4.326a	4.655a	3.624a	5.111a	263a	390a	107a	82a	3.969a	3.493a	3.142a	3.004a
Guaraní	6.506b	8.757b	6.346c	8.001b	2.250b	2.164b	934b	650b	8.542b	7.029b	7.729b	7.235b
Eronga 83	6.015b	8.415b	5.456b	7.899b	4.528c	3.694b	1.871c	1.832c	8.539b	8.609b	7.606b	8.187b
Int. G x F	P=0,0028		ns		ns		ns		ns		ns	
PMG												
Cristal	55,63a	54,75a	49,00a	46,13a	32,93a	34,98a	32,28a	31,00a	35,13b	33,88b	29,50b	26,63b
Guaraní	35,25c	31,63c	30,60c	30,63c	25,13b	23,70b	24,83b	23,20b	22,63a	23,63a	17,13a	14,25a
Eronga 83	47,38b	44,88b	42,38b	41,50b	24,50b	24,50b	25,13b	23,43b	31,13b	30,13b	28,13b	22,08b
Int. G x F	ns		ns		ns		ns		ns		ns	

Referencias: Primera y segunda = épocas de siembra. F = fertilizado; T = testigo. Int. G x F = interacción genotipo por fertilidad. ns = no significativo. PMG = peso de mil granos. Letras iguales no difieren estadísticamente con la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$) dentro de la columna.

El número de espigas por m² mostró un comportamiento dispar de acuerdo al año que se tome en cuenta, como el observado por Schwarte *et al.*, (2006) y contrapuesto a lo reportado por Green *et al.*, (1985) y Spaner *et al.*, (2000) quienes detectaron una disminución del número de espigas por m² con el retraso de la época de siembra. En el año 2006 contrariamente a lo esperado la cantidad de espigas aumentaron al atrasar la época de siembra. Sin embargo, esto se pudo atribuir a temperaturas extremas que helaron la parte aérea de la primera época de siembra cuando el cultivo estuvo en el estado Z11 (Zadoks *et al.*, 1974). Estas retrasaron el crecimiento inicial y el macollaje, incluso provocó la muerte de plantas, principalmente en el trigo candeal. En condiciones de crecimiento subtropicales la disminución del número de espigas por m² observada no fue significativa (Solís Moya, *et al.*, 2004). El número de espigas se registró en los tres años por debajo de las 500 por m² necesarias para un buen rendimiento en grano (Coventry *et al.*, 1993).

El número de granos por espiga fue menor en la segunda época de siembra que en la primera, excepto para el genotipo Eronga 83 en el año 2004 que fue más húmedo en la época de cuaje de los granos (fin de octubre a principio de noviembre) (Figura 1; Tabla 1). Li *et al.*, (2001) reportaron una disminución del número de granos cuajados por espiga entre una época intermedia una tardía como las aquí estudiadas. En el estudio de Solís Moya *et al.*, (2004) solamente decayó el número de granos por espiga entre la primera y las otras dos épocas de siembra estudiadas.

El número de granos por m² mostró un comportamiento dispar. Mientras que,

en el año 2005 éste componente decayó para las tres especies y en las dos condiciones de fertilidad, en los dos años restantes no se pudo apreciar una caída significativa (Tabla 5). Estos datos no concuerdan con los observados por Anderson & Smith (1990) para quienes las fechas tempranas produjeron claramente mayor número de granos por m².

En los años 2004 y 2006, el peso de los granos decayó en las tres especies con el retraso de la época de siembra, mientras que, durante el año 2005 esto no ocurrió. Savin (1990) y Fraschina *et al.*, (2001) comprobaron la caída en el peso final de los granos al atrasar la fecha de siembra en el trigo pan, tanto en los tratamientos con riego como sin riego. Esto es coincidente si se observa el año 2004 (de buena disponibilidad de agua durante el llenado) y el 2006 (estrés hídrico durante el llenado de los granos) (Tabla 1), pero no concuerda con lo obtenido en el ensayo del año 2005 (escasa disponibilidad de agua en todo el ciclo). No obstante, es semejante a lo obtenido por Miralles & Slafer (1990) para quienes fue la temperatura durante el llenado de los granos la que enmascara el efecto producido por la demora del momento de la siembra (Tabla 1). Ortiz-Monasterio *et al.*, (1994) observaron siempre la disminución del peso de los granos, en siete fechas de siembra, utilizando tres variedades de trigo pan, aunque el ambiente estudiado fue de más baja latitud que el aquí estudiado (30° 54' Lat. N). Esto somete al trigo a crecer con mayores temperaturas.

Una explicación especial se debe realizar para la reducción del rendimiento de grano en el año 2006 a causa del agregado de fertilizantes. La fertilización provocó un leve incremento en el número de espigas

por m², una importante disminución del número de granos fértiles por espiga (excepto Eronga 83 en la segunda época) que resultó en una caída neta en el número de granos por m² (excepto Eronga 83 en las dos épocas) y una leve disminución del peso de los granos con la fertilización en la primer época de siembra y una más importante disminución en la segunda (Tabla 5). La combinación de estos componentes provocó una caída neta del rendimiento de grano que se podría explicar con el mayor crecimiento de la biomasa aérea (Tabla 4) en etapas tempranas y una disminución del agua edáfica disponible que no permitió un buen llenado de los granos.

CONCLUSIONES

Si bien la variabilidad climática interanual fue el factor que modificó más drásticamente el rendimiento de grano; la especie y la decisión de la época de siembra son factores de manejo que podrían mejorar los rendimientos de los cereales invernales en la Región Semiárida Pampeana Central.

Se aceptó la hipótesis planteada de que la época de siembra más temprana fue la que mostró mayor rendimiento en los tres genotipos analizados y la fertilidad del suelo no logró compensar la caída en la segunda época de siembra. El triticale mostró mejor adaptación tanto en ambientes favorables como desfavorables.

La reducción del rendimiento en la segunda época de siembra puede atribuirse mayormente a una reducción del número de granos por espiga y en menor medida del peso de los granos. El mejor comportamiento del triticale nos podría indicar que una buena estrategia para lograr estabilidad de rendimiento en zonas con disponibilidad

de agua variable podría ser un mayor número de granos por espiga.

La estrategia de un bajo número de granos por m² y un alto peso de los mismos que mostró el trigo candeal, parece no adaptarse a los ambientes de baja disponibilidad hídrica.

BIBLIOGRAFIA

- Anderson, W.K. & W.R. Smith. 1990. Yield advantage of two semi-dwarf compared with two tall wheats depends on sowing time. *Aust. J. Agric. Res.* 41:811-826.
- Bartlett, M.S. 1937. Some examples of statistical methods of research in agriculture and biology. *J. Roy. Stat. Soc. Suppl.* 4:137-183.
- Bell, M.A. & R.A. Fischer. 1994. Guide to plant and crop sampling: measurements and observations for agronomic and physiological research in small grain cereals. *Wheat Special Report 32. CIMMYT, D. F., México.* 66 p.
- Bozzini, A. 1988. Origin, distribution and production of durum wheat in the world. *en: Durum wheat: chemistry and technology.* (G. Fabriani. & C. Lintas eds.). *Am. Assoc. Cereal Chemist Inc.. St. Paul, Min. EEUU.* pp. 1-16.
- Brancourt-Hulmel, M., C. Lecompte & J. Meynard. 1999. A diagnosis of yield-limiting factors on probe genotypes for character-

- izing environments in winter wheat trials. *Crop Sci.* 39:1798-1808.
- Bray, R.H. & L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59:39-45.
- Chen, C.; W.A. Payne; R.W. Smiley & M.A. Stoltz. 2003. Yield and water-use efficiency of eight wheat cultivars planted on seven dates in northeastern Oregon. *Agron. J.* 95:836-843.
- Cochran, W.G. 1954. The combinations of estimates from different experiments. *Biometrics*, 10:101-129.
- Connor, D.J.; S. Theiveyanathan & G.M. Rimmington. 1992. Development, growth water-use and yield of a spring and winter wheat in response to time of sowing. *Aust. J. Agric. Res.* 43:493-516.
- Cooper, M.; R.E. Stucker; I.H. DeLacy & B.D. Harch. 1997. Wheat breeding nurseries, target environments, and indirect selection for grain yield. *Crop Sci.* 37:1168-1176.
- Coventry, D.R.; T.G. Reeves; H.D. Brooke & D.K. Cann. 1993. Influence of genotype, sowing date, and seeding rate on wheat development and yield. *Aust. J. Exp. Agric.* 33:751-757.
- Dennett, M.D. 1999. Effects of sowing date and the determination of optimum sowing date. *en: Wheat ecology and physiology of yield determination.* (E.H. Satorre & G.A. Slafer eds.). Food Products Press, New York, EEUU. pp. 45-65.
- Donaldson, E.; W.F. Schillinger & S.M. Dofing. 2001. Straw production and grain yield relationships in winter wheat. *Crop. Sci.* 41:100-106.
- Evans, L.T. & I.F. Wardlaw. 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. *Adv. Agron.* 28:301-359.
- Fischer R.A. 1975. Yield potential in a dwarf spring wheat and the effect of shading. *Crop Sci.* 15:607-613.
- Fischer R.A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Agric. Sci.* 105:447-461.
- Fokar, M.; A. Blum & H.T. Nguyen. 1998. Heat tolerance in spring wheat. II. Grain filling. *Euphytica*, 104:9-15.
- Fowler, D.B. 1983. Influence of date of seeding on yield and other agronomic characters of winter wheat and re grown in Saskatchewan. *Can. J. Plan Sci.* 63:109-113.
- Fraschina J., M.B. Formica & B. Masiero. 2001. Caracterización del crecimiento de grano de trigo. V Cong. Nac. Trigo. III Simp. Nac. Cereales Siembra Otoño-Invernal. Villa C. Paz, Córdoba, Arg. 2p.
- Fraschina J. & B. Masiero. 1994. Análisis de componentes de varianza en ensayos de trigo. III Cong. Nac. Trigo. I Simp. Nac.

- Cereales Siembra Otoño-Invernal. Bahía Blanca, Arg. pp.145-146.
- Green, C.F., G.A. Paulson & J.D. Ivins. 1985. Time of sowing and the development of winter wheat. *J. Agric. Sci.* 105:217-221.
- Hede, A.R. 2000. A new approach to triticale improvement. *en: Research highlight of the CIM-MYT wheat program, 1999-2000.* pp. 21-26.
- Kelley, K.W. 2001. Planting date and foliar fungicide effects on yield components and grain traits of winter wheat. *Agron. J.* 93:380-389.
- León, A.; O. Rubiolo & M.C. Añon. 1996. Use of triticale flour in cookies: quality factors. *Cereals Chem.* 73:779-784.
- Li, C.; W. Cao & T. Tai. 2001. Dynamics characteristic of floret primordium development in wheat. *Field Crops Res.* 71:71-76.
- Lin, C.S. & M.R. Binns. 1989. Comparison of unpredictable environmental variation generated by year and by seeding-time factors for measuring type 4 stability. *Theor. Appl. Genet.* 78:61-64.
- Loomis, R.S. & D.J. Connor. 2002. Ecología de cultivos. Productividad y manejo en sistemas agrarios. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, Esp. 591p.
- Lorda, H.; Y. Bellini Saibene; A. Sipowicz; R. Colazo; Z. Roberto; J. Sarasola & P. Lucchetti. 2001. Resultados de la encuesta agrícola 1999. I. Región pampeana del proyecto RADAR. *en: EEA INTA-Anguil, Bol. Div. Téc.* Nº 1. 50 p.
- Miralles, D.J. & G.A. Slafer. 1990. Efectos de la temperatura, fecha de siembra y el tamaño del destino sobre la duración del área foliar durante la etapa de llenado de grano en trigo. *II Cong. Nac. Trigo. Pergamino, Bs. As., Arg.* pp. 99-110.
- Ortiz-Monasterio, J.I.; S.S. Dhillon & R.A. Fischer. 1994. Date of sowing effects on grain yield and yield components of irrigated spring wheat cultivars and relationships with radiation and temperature in Ludhiana, India. *Field Crops Res.* 37: 169-184.
- Otegui, M.E. & M. López Pereira. 2003. Fecha de siembra. *en: Producción de granos. Bases funcionales para su manejo.* (E.H. Satorre; R.L. Benech Arnold; G.A. Slafer; E.B. de la Fuente; D.J. Miralles; M.E. Otegui & R. Savin eds.). *Fac. de Agron. Buenos Aires, Arg.* pp. 375-440.
- Pascale, A.J. & E.A. Damario. 2004. Clasificación por tipos agroclimáticos del cultivo de trigo. *en: Bioclimatología agrícola y agroclimatología.* (A.J. Pascale & E.A. Damario eds.). *Fac. de Agron. Buenos Aires, Arg.* pp. 418-436.
- Pérez, G.T.; P.D. Ribotta; A.V. Aguirre; O.J. Rubiolo & E. León. 2004. Changes in proteins and starch

- granule size distribution during grain filling of triticale. *Agriscientia* 21:13-21.
- Polidoro, O.; A. Calzolari; H. Conta & R. García. 1998. Fechas de siembra del cultivo de trigo en el norte de la provincia de Buenos Aires. *en: Actas IV Congreso Nacional de Trigo y II Simposio Nac. de Cultivos de Siembra Otoño-Invernal*. Mar del Plata, Arg.
- Reynolds, M.P.; R. Trethowan; J. Crosa; M. Vargas & K.D. Sayre. 2004. Physiological factors associated with genotype by environment interaction in wheat. *Field Crops Res.* 85: 253-274.
- Rubiolo O.; S. Ferretti; P. Ribotta; A. Aguirre & A. León. 1998. Incidencia de contenido proteico de las harinas de triticale sobre su aptitud para elaborar galletitas. *Información Tecnológica*, 9:87-91.
- Savin, R. 1990. Duración y tasa de crecimiento de granos en trigo: Efecto de la fecha de siembra. II Cong. Nac. Trigo. Pergamino, Bs. As., Arg. pp. 51-58.
- Snedecor, G.W. & W.G. Cochran. 1977. *Métodos estadísticos*. C.E.C.S.A., D.F., México. 703 p.
- Sofield, I.; L.T. Evans; M.G. Cook & I.F. Wardlaw. 1977. Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 4:785-797.
- Solís Moya, E., M. Hernández Martínez, A. Borodanenko, J.L. Aguilar Acuña & O.A. Grajeda Cabrera. 2004. Duración de la etapa reproductiva y el rendimiento de trigo. *Rev. Fitotec. Mex.* 27:323-332.
- Spaner, D.; A.G. Todd & D.B. McKenzie. 2000. The effect of seeding date and N fertilization on winter wheat yield and yield components in eastern New Foundland. *Can. J. Plant. Sci.* 80:703-711.
- Stapper, M. & R.A. Fischer. 1990. Genotype, sowing date and plant spacing influence on high-yielding irrigated wheat in southern New South Wales. II. Growth, yield and nitrogen use. *Aust. J. Agric. Res.* 41:1021-1041.
- Steel, R.G.D. & J.H. Torrie. 1989. *Bioestadística: principios y procedimientos*. Ed. Mc Graw-Hill/ Interamericana, D.F. México. 514 p.
- Schwarte, A.J.; L.R. Gibson; D.L. Karlen; P.M. Dixon; M. Liebman & J. Jannink. 2006. Planting date effects on winter triticale grain yield and yield components. *Crop Sci.* 46:1218-1224.
- Thorntwaite, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.* 38:85-94.
- Troyer, A.F. 1996. Breeding for widely adapted popular maize hybrids. *Euphytica* 92:163-174.
- Vergara, G.T. & G.A. Casagrande. 2002. *Estadísticas agroclimáticas*

cas de la Facultad de Agronomía, Santa Rosa, La Pampa, Argentina. Rev. Fac. Agron. UNLPam. 13:1-70.

Walkley, A & I Black. 1934. An examination of the Degtjareff method and a proposed modification of the chromic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 34: 29-38.

West, P. W. & G. L. Lyles. 1960. A new method for the determination of nitrates. Anal. Chim. Acta. 23:227-232.

Zadoks, J.C.; T.T. Chang & C.F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14:415-421.