

Respuesta fisiológica de avena Nehuén a la acción de diversos herbicidas y su efectividad en el control de malezas¹

Edmundo Beratto M.², Denis Castillo B.³ y Hernán López V.⁴

INTRODUCCION

Los estudios realizados en Chile relacionados con control de malezas en avena son muy escasos y prácticamente restringidos a las investigaciones ejecutadas por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias en la Estación Experimental Carillanca y resumidos por Ramírez *et al.* (1968).

Con el propósito de ampliar los conocimientos actuales, en el presente estudio se abordan objetivos tales como la incorporación de nuevos herbicidas en el control de malezas de avena para grano. Asimismo se evalúa la relativa efectividad de los herbicidas empleados y la influencia de éstos en algunos procesos fisiológicos de pre y postarregis que inciden en la capacidad de almacenamiento de carbohidratos y que en este trabajo se estiman a través del número de granos por metro cuadrado y el peso del grano, factores que inciden en el rendimiento de grano (Thorne, 1966; Bingham, 1969, y Wallace *et al.*, 1972).

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en la Estación Experimental Carillanca (Temuco, Chile), dependiente del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, ubicada a 38° 41' latitud sur y 72° 24' longitud oeste, durante la temporada 1974-75.

El cultivar de avena empleado fue Nehuén, obtenido en la Estación Experimental Carillanca en conjunto con la Estación Experimental de la Universidad de Purdue y el De-

partamento de Agricultura de Estados Unidos. Esta avena de primavera fue sembrada en septiembre de 1974, con una dosis de semilla de 90 Kg/ha, previamente desinfectada con Vitavax. Se fertilizó con 180 unidades de P₂O₅/ha como superfosfato triple y 96 unidades N/ha como salitre sódico. El fósforo se aplicó en el surco junto a la semilla y el nitrógeno inmediatamente después de la siembra, al voleo.

El diseño experimental empleado fue el de bloques al azar con cinco repeticiones. Los tratamientos estudiados se describen en el Cuadro 1. En el caso del número de malezas por metros cuadrados, el análisis estadístico se efectuó sobre valores transformados por raíz cuadrada de la suma total de malezas. Las diferencias de medias entre tratamientos se establecieron según el método de Tukey citado por Steel y Torrie (1960).

La aplicación de los herbicidas se efectuó 36 días después de la siembra entre los estados de crecimiento cuatro y cinco de la escala de Feekes-Large (Peterson, 1965). La cantidad de agua empleada fue equivalente a 130 litros por hectárea. El tratamiento testigo fue asperjado solamente con agua.

Para obtener las variables estudiadas se dividió cada una de las parcelas del experimento en tres posiciones de muestreo.

El número de plantas por metro cuadrado se determinó a los 18 días de la emergencia, contando el número de plantas en una longitud de 0,5 m sobre cada uno de los cinco surcos centrales de cada parcela.

Treinta y seis días después de la siembra y con frecuencia de 8 a 12 días se tomó, de los surcos bordes, una planta por repetición de cada uno de los ocho tratamientos. Del tallo principal de la planta se extrajo el ápice floral, determinándose su estado de desarrollo según Friend *et al.* (1963).

¹Recepción originales: 18 de noviembre de 1975.

²Ing. Agr. M.C., Programa Cereales, Subprograma Avena y Cebada, Estación Experimental Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 58-D, Temuco, Chile.

³Ing. Agr., Programa de Sanidad Vegetal, Estación Experimental Carillanca (INIA).

⁴Ing. Agr., Ph.D., Programa Sanidad Vegetal, Estación Experimental Carillanca (INIA).

Cuadro 1 — Descripción de los tratamientos.

Nombre técnico o químico	Dosis	Producto comercial usado	Dosis Kg 1 PC/ha
Simazina + Terbutrina + MCPA	0,08 + 0,36 + 0,56*	Agren 3614 50% W.P.	2
Simazina + Terbutrina + MCPA	0,04 + 0,18 + 0,28*	Agren 3614 50% W.P.	1
Terbutrina	0,8	Igrano 80% W.P.	1
Metabenzthiazuron + MCPA	0,7 + 0,720*	Tribunil 70% W.P.	1 + 1
Metabenzthiazuron + 2,4 - DP	0,7 + 0,64*	MCPA 720 gr e.a./1 E.C.	2
Testigo		Tribunil combi 70% W.P.	
Pronamida	2	Kerb 50% W.P.	4
Flamprop-metil	0,45	Mataven	3

*Equivalente ácido.

NOTA: A fin de hacer más sencilla y clara la redacción del trabajo, los tratamientos en el texto se identificarán por el nombre comercial del herbicida. En el caso de Agren 3614, la dosis de 1 litro PC/ha se llamará Agren dosis baja (D.B.); la de 2 litros PC/ha se denominará dosis alta (D.A.).

El primer muestreo se efectuó 50 días después de la siembra, para lo cual se cortaron todos los tallos en una superficie de 0,35 m². El número de tallos por metros cuadrados se determinó contando los tallos verdes de la superficie correspondiente, ya que por acción de algunos herbicidas hubo tallos muertos. El peso seco total por m² se obtuvo por conversión a partir de la muestra recogida en los 0,35 m².

Las malezas se contaron con marcos de 0,5 × 0,5 m, aplicados dos veces al azar en cada parcela, 49 días después de la aplicación de los herbicidas.

La cosecha se efectuó 138 días después de la siembra. La superficie útil de la parcela considerada para la cosecha fue de 1,10 m², a partir de la cual se determinaron las siguientes variables: número de tallos con pa-

noja, peso seco de los granos y peso seco del grano.

RESULTADOS Y DISCUSION

Respuesta fisiológica de la avena a la acción de los herbicidas y malezas

La población de plantas de avena (número de plantas/m²) obtenidas por conteo 18 días después de la siembra fue uniforme no presentándose diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 2). Esto se explica porque se trabaja con un solo genotipo (cultivar) y porque aun no hay competencia interespecífica (entre avena y malezas) ni intraespecífica (entre plantas de avena).

El número de tallos (macollas) por metro cuadrado 14 días después de la aplicación de

Cuadro 2 — Efecto de los herbicidas en el número de tallos y panojas/m², sobrevivencia de tallos con panoja y duración de la etapa iniciación floral a espiguilla terminal en avena Nehuén.

Tratamiento	N° plantas por m ² (18 días) (I)	Días después de la siembra		Sobrevivencia de tallos con panoja %	Iniciación floral a espiguilla terminal (días)
		N° tallos por m ² (50 días) (I)	Panoja por m ² (138 días) (I)		
Agren D.A.	200 a	639 a b	303 a	47,4	9
Agren D.B.	250 a	668 a	280 a	41,9	9
Igrano	263 a	612 a b	278 a	45,4	9
Tribunil + MCPA	263 a	698 a	285 a	40,8	9
Tribunil combi	237 a	519 a b	291 a	56,1	9
Testigo	230 a	711 a	241 a	33,9	9
Kerb	257 a	592 a b	241 a	40,7	12
Mataven	287 a	430 b	247 a	57,4	15
Promedio (\bar{x})	248	609	271	44,5	10
Pf Tratamiento 0,01	N.S.	++	N.S.		
C.V.	19,7	17,7	7,9		

¹Promedios unidos por una misma letra no son significativamente diferentes. 0,05 (Prueba de Tukey).

los herbicidas presentó diferencias altamente significativas a nivel de tratamiento (Cuadro 2). Según Fisher (1972) la producción de tallos, en los estados de preemergencia de la espiga en trigo, al igual que la sobrevivencia de tallos que forman espiga, las espiguillas/espiga, las flores perfectas/espiguilla y los granos/flor son factores que en el trigo pueden determinar la capacidad de almacenamiento de carbohidratos y que están representadas por las estructuras reproductivas presentes en anthesis.

De los resultados se infiere, que en general los herbicidas empleados son responsables de muerte de macollas (tallos) si se comparan con el testigo (711 tallos/m²), pero hubo herbicidas que redujeron en forma notoria la producción de tallos, ej. Mataven (430 tallos/m²), y Tribunil Combi (519 tallos/m²) aunque entre éstos y Kerb, Igrano y Agren D. A. (Cuadro 2) no hubo diferencias estadísticas. Estos cinco herbicidas tuvieron a su vez efectos depresivos en el crecimiento (producción de materia seca a los 14 días después de la aplicación de herbicidas), como se observa en el Cuadro 3.

Uno de los argumentos más sólidos para combatir las malezas es que éstas compiten con los cultivos especialmente por luz, nutrientes y agua. En la avena, esta competencia se reflejó en que un menor número de tallos sobrevivieron para formar panojas como se destaca en el Cuadro 2 para el testigo (33,9%) el que a su vez presentó una mayor población de malezas (Cuadro 3) y por tanto una mayor competencia que incidió en la dis-

minución de los rendimientos. En el caso de los tratamientos que recibieron herbicidas se constata que: Mataven y Tribunil Combi tuvieron la sobrevivencia más alta: 57,4% y 56,1%, respectivamente, a pesar de haber tenido la reducción más elevada en producción de tallos como se menciona anteriormente, igual tendencia se dio para Agren D. A. e Igrano, la posible explicación a esta situación estaría dada por Bingham (1969) quien sostiene que a menor producción de tallos (en este caso inducida por la aplicación de herbicidas), se tiene mayor sobrevivencia de tallos que forman espigas en trigo, y que en este estudio significaría mayor sobrevivencia de tallos que forman panojas en avena.

El peso de grano no presentó diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 3) lo que indica que el período de postantesis, que corresponde a la etapa de crecimiento del grano, no fue afectada por ninguno de los herbicidas y que este componente no explica las diferencias de rendimiento.

Sin embargo, es interesante observar que los rendimientos aumentan en el mismo orden en que aumentan el número de granos/m², y que para ambos parámetros las diferencias entre tratamientos son altamente significativas, lo que permite sostener que la causa de la disminución de los rendimientos se encuentra en el período de preantesis que para Thorne (1966), Bingham (1969) y Wallace *et al.* (1972) es donde se determina la capacidad potencial de almacenamiento de carbohidratos en trigo y que en esta investigación se estima a través del número de granos/m²,

Cuadro 3 — Rendimiento, componentes numéricos de la capacidad de almacenamiento de carbohidratos. Producción de materia seca y número de malezas por m² (Carillanca, 1974).

Capacidad almacenamiento de Carbohidratos						
Tratamiento	Rendimiento (qq/ha) (1)	Granos/m ² (1)	Peso grano (mgr) (1)		Producción MS (gr/m ²) 50 días	Total malezas/m ² (1)
Agren D.A.	34,6 a	9.651 a	35,30 a	(6)	75,8 ab	27 a
Agren D.B.	32,1 ab	9.442 a	34,06 a	(3)	99,2 ab	50 a
Igrano	30,7 abc	9.130 ab	33,66 a	(4)	81,5 ab	20 a
Tribunil + MCPA	29,3 abc	8.684 ab	33,76 a	(1)	102,0 a	30 a
Tribunil combi	27,3 abc	7.980 ab	34,40 a	(7)	61,6 ab	29 a
Testigo	26,0 bc	7.776 ab	33,66 a	(2)	100,9 a	140 b
Kerb	24,1 cd	7.251 bc	33,28 a	(5)	76,4 ab	122 b
Mataven	16,8 d	5.051 c	33,06 a	(8)	47,9 b	187 b
Promedio (\bar{x})	27,6	8.121	33,90		80,7	76
PF Tratamientos 0,01	++	++	N.S.		++	++
C.V.	13,7	6,2	3,3		31,1	23,7

¹Promedios unidos por una misma letra no son significativamente diferentes 0,05 (Prueba de Tukey).

para avena. Respaldan este planteamiento las observaciones efectuadas en los ápices florales que mostraron alteraciones en la diferenciación floral, especialmente con Kerb y Mataven, ambos compuestos usados en el control de avena, e incluidos con el fin de detectar efectos sobre la morfología y fisiología de la avena y que en estos casos provocó un atraso en la etapa fenológica de iniciación floral a espiguilla terminal (Cuadro 2) lo que pudo afectar el número de espiguillas/panoja; ya que según Rawson (1971) el número de espiguillas/espiga en trigo puede variar ya sea por diferencias: en el número de primordios de espiguillas en la iniciación floral, en la tasa de producción de primordios o en la duración de la producción de primordios. Sólo la última medición fue hecha en este caso, sugiriéndose que por la importancia de estos factores, en futuros estudios de esta naturaleza se incluya su determinación. Tanto más cuanto que el componente espiguillas/panoja en avena es muy afectado por variaciones ambientales (Stanton, 1955).

Otra posible vía de reducción del número de granos/m², es a través de una disminución en el número de granos formados por flores perfectas, componente que en trigo según Rawson y Evans (1970) puede ser más dependiente de alteraciones en el mecanismo de control hormonal, el cual pudo ser alterado en avena en diferentes grados según el herbicida usado para controlar malezas.

Finalmente debe destacarse que el componente espiga/m² no presentó diferencias estadísticamente significativas a nivel de tratamiento, y por tanto no explica por sí mismo las diferencias de rendimiento.

Efectividad de los herbicidas en el control de malezas

Las malezas que se presentaron en mayor cantidad (densidad promedio por m²) en los diferentes tratamientos, fueron: *Spergula arvensis* L. 15,2; *Silene gallica* L. 54,4; *Brassica napus* L. spp. *oleifera* (Metzg. Sinsk.) f. *biennis* 20,4; *Achillea millefolium* L. 11,6; *Hypochoeris radicata* L. 36; *Polygonum aviculare* L. 21,6 y *Polygonum persicaria* L. 8 (Cuadro 3).

En cantidad poco apreciable se observó: *Rumex acetosella* L.; *Antemis cotula* L. y *Trifolium* spp. Respecto a estas últimas, por su escaso número, no es posible referirse a su control.

Respecto a la suma total de malezas/m², los tratamientos Igrano, Agren en dosis alta,

Tribunil Combi, Tribunil más MCPA y Agren en dosis baja, no presentaron diferencias significativas entre ellos, pero sí fueron altamente significativos respecto a Kerb, testigo y Mataven, los que a su vez no fueron significativamente diferentes entre sí.

Es importante destacar que, en general en cada tratamiento, los rendimientos aumentaron paralelamente con el incremento de número de granos/m² y con la disminución del número total de malezas/m² (Cuadro 3). Hace excepción Igrano, que tuvo la más baja densidad de malezas, pero que al mismo tiempo, 14 días después de su aplicación, mostró una disminución de materia seca/m² respecto al testigo. Sin embargo, este tratamiento mostró una rápida recuperación y alcanzó un alto rendimiento, que no fue significativamente diferente a los otros tratamientos de alto rendimiento. También hace excepción Kerb, que con menor cantidad de malezas que el testigo, tuvo un menor rendimiento que éste, debido a que redujo la producción de materia seca de la avena (Cuadro 3) la que presentó una pobre recuperación a este daño. En el caso de Mataven, el bajo rendimiento se explica no solamente en que no controló las malezas presentes, sino también a la fitotoxicidad exhibida sobre la avena que provocó un atraso en la diferenciación floral (Cuadro 2) al igual que la aplicación de Kerb y mostró la más baja cantidad de materia seca/m². Por otro lado, el mayor rendimiento del testigo sobre Mataven y Kerb es consecuencia de la mayor producción de materia seca y en que no hubo fitotoxicidad sobre el cultivo, pudiendo así éste competir en mejor forma con las malezas, que los tratamientos químicos antes mencionados.

Cabe hacer notar que Igrano, Kerb, Mataven, Agren dosis alta y Tribunil Combi mostraron 14 días después de su aplicación, una fuerte disminución en la producción de materia seca. La producción de ésta fue recuperada posteriormente. Además 11 días después de aplicado el Agren dosis alta, las plantas habían completado su diferenciación floral.

Es interesante destacar la fuerte recuperación al efecto fitotóxico de los herbicidas Agren en dosis alta, Igrano y Tribunil Combi, que presentó la avena. Esto se demostró en el número de espigas/m², porcentaje de sobrevivencia de tallos con espiga (Cuadro 2) y finalmente en el rendimiento (Cuadro 3).

El detalle de la actividad de los herbicidas sobre las malezas se incluye en el Cuadro 4.

Cuadro 4 — Sensibilidad de las malezas presentes a los diversos tratamientos (Carillanca, 1974).

Tratamientos	<i>S. arvensis</i>	<i>S. gallica</i>	<i>B. napus</i>	<i>A. millefolium</i>	<i>H. radicata</i>	<i>P. aviculare</i>	<i>P. persicaria</i>
Agren D.A.	S	S	S	R	S	S	S
Agren D.B.	S	S	S	R	S	R	SR
Igrano	S	S	S	R	S	S	S
Tribunil-MCPA	S	S	S	R	S	SR	R
Tribunil combi	S	S	S	R	S	S	SR
Testigo	—	—	—	—	—	—	—
Kerb	R	R	R	R	R	R	R
Mataven	R	R	R	R	R	R	R
Densidad promedio por m ² . Cinco repeticiones	15,2	54,4	20,4	11,6	36	21,6	R

S = Sensible 75% control o más.
 SR = Semiresistente 50% control.
 R = Resistente prácticamente sin control.

Los cinco primeros tratamientos considerados en este último cuadro mostraron una excelente tendencia al control de malezas Cariofiláceas (*Spergula arvensis* y *Silene gallica*). También fueron eficientes sobre *Hypochoeris radicata* L., pero controlaron *Achillea millefolium* L. Estos mismos tratamientos actuaron en buena forma sobre *Brassica napus* L. spp. *oleifera* (Metzg. Sinsk.) f. bienis, sobresaliendo entre ellos la mezcla de Tribunil más MCPA y Agren en dosis alta. Respecto a las malezas Poligonáceas, estos tratamientos mostraron algunas diferencias entre sí, Igrano y Agren dosis alta controlaron eficientemente *Polygonum aviculare* y *Polygonum persicaria*. Agren dosis baja actuó regularmente sobre este último y prácticamente no controló *Polygonum aviculare*, Tribunil Combi actuó bien sobre *Polygonum aviculare* y sólo regularmente sobre *Polygonum*

persicaria. La mezcla Tribunil más MCPA tuvo una eficiencia sólo regular en *Polygonum aviculare* y no actuó sobre *Polygonum persicaria*. Tanto Kerb, testigo y Mataven no fueron eficaces sobre las malezas analizadas.

Es interesante destacar la efectividad de los tratamientos primeramente mencionados, que en general actuaron, en buena forma sobre las malezas resistentes a MCPA, que es el herbicida normalmente empleado en el cultivo de la avena. Por el momento es más recomendable insistir cuando se presenten malezas Poligonáceas, en el uso de Agren en la dosis mayor estudiada, por su mejor acción sobre éstas.

Respecto a Kerb y Mataven, no controlaron las malezas presentes en el ensayo, dañaron la avena, como se suponía. Por lo tanto, su uso se descarta en este cultivo.

RESUMEN

En la temporada 1974-1975 se realizó en la Estación Experimental Carillanca dependiente del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, un ensayo con el objetivo de estudiar la posibilidad de incorporar nuevos herbicidas en el control de malezas en avena para grano y, simultáneamente evaluar la relativa efectividad de los herbicidas empleados, así como la influencia de éstos en algunos procesos fisiológicos de pre y post anthesis que inciden en la capacidad de almacenamiento de carbohidratos y, por tanto, en el rendimiento.

Se concluyó que en este estudio la capacidad de almacenamiento de carbohidratos y los rendimientos, están determinados principalmente por el número de granos por metro cuadrado, componente que está definido potencialmente en el período de preanthesis y que en este estudio fue alterado especialmente por los herbicidas Kerb, Mataven y

Tribunil Combi. Mientras que el peso de grano no fue afectado por ninguno de los herbicidas y por tanto no explica las diferencias de rendimiento.

El control de malezas ejercido por Igrano, Agren, Tribunil Combi y Tribunil más MCPA, es significativo con respecto a la no aplicación de estos compuestos y confirma la incidencia negativa de las malezas en el rendimiento final en grano. En general, los rendimientos aumentaron paralelamente con la disminución del número total de malezas. Estos tratamientos posteriormente a su aplicación mostraron una fuerte disminución en la producción de materia seca, la que tuvo una rápida recuperación. Los tratamientos Kerb y Mataven ejercieron un deficiente control de vegetación dicotiledónea y además redujeron la producción de materia seca en cultivo.

S U M M A R Y

PHYSIOLOGICAL RESPONSE OF OAT (VAR. NEHUEN) TO SEVERAL HERBICIDES AND THEIR EFFECTIVENESS IN WEED CONTROL

At the Carillanca Experimental Station a trial was performed during the 1974-1975 crop season. The main objective of the trial was to explore the potential of new chemicals in controlling weeds in oats for grain. Determination of the action of the chemicals in some physiological reactions of pre and post anthesis were studied. These physiological processes are known to control the sink and consequently the final yield.

In this study it was concluded that both, sink and yield are determined by the number of grains in a square meter bases. This last yield component is determined in the pre anthesis period, which in time was altered by the chemicals: Kerb, Mataven and Tribunil Combi. Grain weight was not affected by any of the chemicals used, so the yield differences cannot be explained in bases of this parameter.

Weed control performed by the action of Igrano, Agren and Mataven did not control dicotyledoneas weeds besides reducing grain yield and dry-matter. Both are grass killers.

L I T E R A T U R A C I T A D A

- BINGHAM, J. 1969. The physiological determinant of grain yield in cereals. *Agricultural Progress* 44: 30-42.
- FISHER, R. A. 1972. Ideas on the physiology of yield potential in a wheat crop. CIMMYT not for publication.
- FRIEND, D. I. C., HELSON, V. A. and FISHER, J. E. 1963. The effects of light intensity and temperature in floral initiation and inflorescence development of Marquis wheat. *Canadian Journal Botany* 41: 1663-1974
- PETERSON, R. F. 1965. Wheat, botany cultivation and utilization. Interscience Publisher Inc, New York. 422 p.
- RAMÍREZ, A. *et al.* 1968. Control químico de malezas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile, 52 p.
- RAWSON, H. M. 1971. An upper limit for spikelet number per ear in wheat, as controlled by photoperiod. *Australian Journal of Agricultural Research* 22 (4): 537-546.
- and EVANS, L. T. 1970. The pattern of grain growth within the ear of wheat. *Australian Journal Biological Science* 23: 1-15.
- STANTON, T. R. 1955. Oat identification and classification. Technical Bulletin Nº 1100, USDA, Washington, D. C. 206.
- STEEL, G. D. R. and TORRIE, H. J. 1960. Principles and procedures of statistics. Mc Graw-Hill Book Company, Inc. 99-112.
- THORNE, G. N. 1966. Physiological aspects of grain yield in cereals. In: *Growth of cereals and grasses*. Ed. F. J. Milthorpe and J. D. Ivins. 88-105.
- WALLACE, D. H., OZBUN, J. L. and MUNGER, H. M. 1972. Physiological genetics of crop yield. *Advances in Agronomy* 24: 97-146.