

Susceptibilidad de dos cultivares de trigo a tratamientos herbicidas en diferentes estadios de crecimiento

Leaden, M.I y C.M. Lozano***

**Facultad de Ciencias Agrarias UNMdP, CC 276 (7620) Balcarce,*

mileaden@balcarce.inta.gov.ar

*** Asesora privada, cmlozano@telefax.com.ar*

Abril 2003

Introducción

Los beneficios que se obtienen por el control de malezas pueden verse neutralizados si el estado de crecimiento en el momento de aplicación de los herbicidas no es el más tolerante. En el cultivo de trigo han sido registrados síntomas de daños de herbicidas, en algunos casos atribuidos al uso de cultivares sensibles. Sin embargo, dada la diversidad de ciclos y el amplio período de siembra que modifica la duración de las fases de desarrollo, la mayor dificultad se presenta al querer precisar el estado del cultivo más tolerante.

En el experimento se evaluó la susceptibilidad de dos cultivares de trigo, de amplia difusión en el área de siembra en la zona sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina), a la aplicación de los tratamientos dicamba+metsulfuron, picloram+2,4-D y clopiralid+MCPA, en cinco estados de crecimiento.

Materiales y Métodos

El experimento fue conducido durante la campaña 2002/03 en el campo experimental de la Unidad Integrada Balcarce (FCA (UNMdP)- INTA). Los cultivares utilizados fueron Baguette 10 de ciclo largo a intermedio y Don Enrique de ciclo corto. Las fechas de siembra y emergencia fueron: 12-7-02 y 2-8-02 para el primero y, 15-8-02 y 29-8-02 para el segundo. El diseño del experimento fue un arreglo factorial, dispuesto en bloques con cuatro repeticiones, de 4 tratamientos herbicidas (incluyendo el testigo) y cinco momentos de aplicación. El tamaño de parcela fue de 7,7 m². Se fertilizó a la siembra con 150 Kg. ha⁻¹ de fosfato diamónico y con urea 150 Kg. ha⁻¹ en doble arruga. Los tratamientos se aplicaron con una mochila de presión constante, que arrojó un volumen de 120 L ha⁻¹. Se aplicó Carbendazim (12,5%) + Epoxiconazole (12,5%) 1 L ha⁻¹ para controlar las enfermedades foliares y Procloraz (45%) 1 L ha⁻¹ para el control de fusariosis en espiga, en ambos cultivares.

Los tratamientos herbicidas fueron:

Tabla 1. Tratamientos y dosis.

| Tratamientos | Dosis en formulado ha ⁻¹ |
|----------------------------|-------------------------------------|
| Dicamba (48) + Metsulfuron | 100 ml + 6.67 g + 0.15% v/v* |
| Picloram + 2,4-D | 100 ml + 0.3 L |
| Clopiralid + MCPA | 200 ml + 1.5 L + 0.15% v/v* |
| Testigo | |

*surfactante Dowfax

Para la descripción de las plantas se siguió el criterio del Código Decimal de Zadoks et al. (1974) y su ampliación, Escala BBCH (1996) y el desarrollo interno en base a Nerson et al. (1980).

Los momentos de aplicación de los tratamientos herbicidas fueron:

- Estado vegetativo elongado (Nerson 2)
- Estado de diferenciación de glumas (Nerson 6)
- Estado de espiguilla terminal diferenciada (Nerson 9)
- Dos nudos detectables (Zd 32)
- Hoja bandera visible (Zd 37)

En la tabla 2 figuran el aspecto externo e interno y los días desde la emergencia de los cultivares Baguette 10 y Don Enrique.

Tabla 2. Estados de crecimiento y días desde emergencia.

Baguette 10

| Estado apical Nerson et al. | Estado de crecimiento Zadoks et al. | Días desde emergencia |
|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| 2 | 15 / 22 | 45 |
| 6 | 16 / 23 | 54 |
| 9 | 17 / 22 | 63 |
| | 32 | 75 |
| | 37 | 83 |

Don Enrique

| Estado apical Nerson et al. | Estado de crecimiento Zadoks et al. | Días desde emergencia |
|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| 2 | 14 / 22 | 32 |

| | | |
|---|------------|----|
| 6 | 15-16 / 23 | 41 |
| 9 | 16 / 23 | 46 |
| | 32 | 54 |
| | 37 | 57 |

Sobre 10 plantas al azar por parcela se midió la altura desde el suelo a la base de la espiga en antesis completa. En madurez fisiológica se extrajeron 10 espigas al azar de los ejes principales por parcela para cuantificar los granos espiga⁻¹. Se cosecharon 4 m² por parcela para estimar rendimiento ha⁻¹ y se determinó el peso de granos. Los datos fueron sometidos a un análisis de la varianza y test de comparación de medias.

Resultados

En Baguette 10 se observó una interacción significativa "momento por tratamiento" en las siguientes variables: Rendimiento, Granos espiga⁻¹, PMG y Altura. En Don Enrique la interacción fue significativa en Rendimiento y Granos espiga⁻¹ en cambio el PMG presentó efecto principal de momento y de tratamiento y la Altura efecto principal de tratamiento.

Rendimiento en grano

En Baguette 10 las mezclas de dicamba + metsulfuron y clopiralid + MCPA no afectaron el rendimiento en ninguno de los momentos de aplicación, mientras que picloram + 2,4-D disminuyó significativamente el rendimiento a partir de 2 nudos (Tabla 3). El cultivar Don Enrique tampoco fue afectado por clopiralid + MCPA, pero el tratamiento de dicamba + metsulfuron, sí disminuyó significativamente el rendimiento en hoja bandera visible respecto de la aplicación en vegetativo; más drásticamente disminuyó el rendimiento picloram + 2,4-D a partir de espiguilla terminal (Tabla 4). Cuando la interacción se analizó por momento de aplicación, a través de los tratamientos, en Baguette 10 se observó que picloram + 2,4-D disminuyó el rendimiento en todos los estadios respecto del resto de los tratamientos, mientras que en Don Enrique no hubo disminución en estado vegetativo, pero sí en el resto de los estadios; en hoja bandera visible también disminuyó el rendimiento el tratamiento de dicamba + metsulfuron (Tablas 3 y 4).

Tabla 3. Rendimiento en grano de Baguette 10.

| Tratamientos | Rendimiento (Kg ha ⁻¹) | | | | |
|-----------------------|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Momento de aplicación | | | | |
| | Nerson 2 | Nerson 6 | Nerson 9 | Zadoks 32 | Zadoks 37 |
| Dicamba + Metsulfuron | 6313.1 ab* x** | 6505.7 a x | 6468.4 a x | 6487.0 a x | 6294.4 a x |
| Picloram + 2,4-D | 5766.3 b x | 5542.6 b x | 5555.0 b x | 4113.4 b y | 2106.4 b z |
| Clopiralid + MCPA | 6530.6 a x | 6400.1 a x | 6530.6 a x | 6493.3 a x | 6331.7 a x |
| Testigo | 6524.3 a x | 6499.5 a x | 6726.9 a x | 6735.6 a x | 6611.3 a x |

* Dentro de cada columna, letras iguales no se diferencian entre sí ($\alpha = 0.05$).

** Dentro de cada fila, letras iguales no se diferencian entre sí ($\alpha = 0.05$).

Tabla 4. Rendimiento en grano de Don Enrique.

| Tratamientos | Rendimiento (Kg ha ⁻¹) | | | | |
|-----------------------|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| | Momento de aplicación | | | | |
| | Nerson 2 | Nerson 6 | Nerson 9 | Zadoks 32 | Zadoks 37 |
| Dicamba + Metsulfuron | 5561.4 a* x** | 5113.5 a xy | 5270.8 a xy | 5255.4 a xy | 4653.3 b y |
| Picloram + 2,4-D | 4718.8 a x | 3953.3 b xy | 3618.2 b y | 2452.0 b z | 2668.3 c z |
| Clopiralid + MCPA | 5534.4 a x | 5239.3 a x | 5454.8 a x | 5855.2 a x | 5834.0 a x |
| Testigo | 5387.9 a x | 5677.5 a x | 5428.8 a x | 5833.1 a x | 5810.0 a x |

* Dentro de cada columna, letras iguales no se diferencian entre sí ($\alpha = 0.05$).

** Dentro de cada fila, letras iguales no se diferencian entre sí ($\alpha = 0.05$).

Granos por espiga

En Baguette 10, de manera similar a lo ocurrido para rendimiento, las mezclas de clopiralid + MCPA y dicamba + metsulfuron no afectaron la producción de granos espiga⁻¹. En 2 nudos y hoja bandera visible, picloram + 2,4-D disminuyó significativamente el número de granos en relación a las aplicaciones más tempranas (Tabla 5). Clopiralid + MCPA tampoco afectó los granos espiga⁻¹ en Don Enrique, aunque sí lo hicieron a partir de diferenciación de glumas los tratamientos de dicamba + metsulfuron y picloram + 2,4-D (Tabla 6). Dentro de momentos de aplicación, en Baguette 10, picloram + 2,4-D disminuyó los granos espiga⁻¹ en todos los estadios, mientras que en Don Enrique tanto dicamba + metsulfuron como picloram + 2,4-D disminuyeron los granos espiga⁻¹ a partir de diferenciación de glumas (Tablas 5 y 6).

Tabla 5. Granos espiga⁻¹ de Baguette 10.

| Tratamientos | Granos espiga ⁻¹ | | | | |
|-----------------------|-----------------------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | Momento de aplicación | | | | |
| | Nerson 2 | Nerson 6 | Nerson 9 | Zadoks 32 | Zadoks 37 |
| Dicamba + Metsulfuron | 45 a* x** | 42 ab x | 43 ab x | 43 a x | 41 a x |
| Picloram + 2,4-D | 36 b x | 41 b x | 37 b x | 29 b y | 22 b y |
| Clopiralid + MCPA | 47 a x | 47 ab x | 44 a x | 46 a x | 43 a x |
| Testigo | 46 a x | 48 a x | 45 a x | 47 a x | 46 a x |

* Dentro de cada columna, letras iguales no se diferencian entre sí ($\alpha = 0.05$).

Tabla 6. Granos espiga⁻¹ de Don Enrique.

| Tratamientos | Granos espiga ⁻¹ | | | | |
|-----------------------|-----------------------------|----------|----------|-----------|-----------|
| | Momento de aplicación | | | | |
| | Nerson 2 | Nerson 6 | Nerson 9 | Zadoks 32 | Zadoks 37 |
| Dicamba + Metsulfuron | 30 a* | 24 bc | 28 a | 25 b | 22 bc |
| | x** | yz | xy | xyz | z |
| Picloram + 2,4-D | 26 a | 21 c | 19 b | 19 c | 17 c |
| | x | xy | y | y | y |
| Clopiralid + MCPA | 28 a | 26ab | 27 a | 27 ab | 27 ab |
| | x | x | x | x | x |
| Testigo | 30 a | 29 a | 28 a | 30 a | 32 a |
| | x | x | x | x | x |

* Dentro de cada columna, letras iguales no se diferencian entre sí ($\alpha = 0.05$).

Peso de mil granos

Baguette 10 no modificó el peso de sus granos con la aplicación de clopiralid + MCPA en ningún estadio, pero con la aplicación de dicamba + metsulfuron y picloram + 2,4-D una reducción del número de granos espiga⁻¹, trajo como consecuencia un aumento en el peso de los mismos. La mezcla de picloram + 2,4-D presentó los valores más elevados en los cinco estados de crecimiento (Tabla 7).

Tabla 7. Peso de mil granos (PMG) de Baguette 10.

| Tratamientos | PMG (g) | | | | |
|-----------------------|-----------------------|----------|----------|-----------|-----------|
| | Momento de aplicación | | | | |
| | Nerson 2 | Nerson 6 | Nerson 9 | Zadoks 32 | Zadoks 37 |
| Dicamba + Metsulfuron | 36.9 ab* | 35.2 b | 37.7 b | 33.2 b | 34.5 b |
| | xy** | xyz | x | z | yz |
| Picloram + 2,4-D | 39.5 a | 38.7 a | 42.3 a | 44.8 a | 47.0 a |
| | zv | v | yz | xy | x |
| Clopiralid + MCPA | 35.4 b | 35.4 b | 35.9 b | 34.0 b | 36.6 b |
| | x | x | x | x | x |
| Testigo | 36.4 b | 35.1 b | 35.7 b | 34.9 b | 36.3 b |
| | x | x | x | x | x |

* Dentro de cada columna, letras iguales no se diferencian entre sí ($\alpha = 0.05$).

En el cultivar Don Enrique, el peso de los granos no mostró importantes modificaciones por efecto de los tratamientos, aún en el caso de picloram + 2,4-D, que disminuyendo el número de granos, no provocó un aumento en el tamaño de los mismos. En el promedio de los tratamientos, se registró una disminución en el peso de los granos en el estado de hoja bandera visible (Tabla 8).

Tabla 8. PMG de Don Enrique (en el promedio de 4 tratamientos).

| Momentos de aplicación | PMG (g) |
|------------------------|---------|
| Nerson 2 | 40.6 ab |
| Nerson 6 | 40.9 a |
| Nerson 9 | 40.3 ab |
| Zadoks 32 | 39.6 bc |
| Zadoks 37 | 38.5 c |

* Dentro de la columna, letras iguales no se diferencian entre sí ($\alpha = 0.05$).

En el promedio de los momentos de aplicación, ninguno de los tratamientos se diferenció del testigo (Tabla 9).

Tabla 9. PMG de Don Enrique (en el promedio de cinco estados de crecimiento).

| Tratamientos | PMG |
|-----------------------|---------|
| Dicamba + Metsulfuron | 39.5 b |
| Picloram + 2,4-D | 39.9 ab |
| Clopiralid + MCPA | 40.5 a |
| Testigo | 40.2 ab |

* Dentro de la columna, letras iguales no se diferencian entre sí ($\alpha = 0.05$).

Altura de plantas

La altura de plantas del cultivar Baguette 10 disminuyó por la aplicación de picloram

+ 2,4-D, dentro del tratamiento a partir de los 2 nudos y, al comparar con el resto de los tratamientos en cada estado de crecimiento (Tabla 10).

Tabla 10. Altura de plantas de Baguette 10.

| Tratamientos | Altura (cm) | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Momento de aplicación | | | | |
| | Nerson 2 | Nerson 6 | Nerson 9 | Zadoks 32 | Zadoks 37 |
| Dicamba + Metsulfuron | 78.2 a* **x | 79.9 a x | 79.8 a x | 78.7 a x | 75.6 a x |
| Picloram + 2,4-D | 72.9 b x | 73.4 b x | 74.7 b x | 67.3 b y | 67.8 b y |
| Clopiralid + MCPA | 78.0 a x | 78.9 a x | 79.2 a x | 78.9 a x | 78.0 a x |
| Testigo | 78.5 a x | 78.2 a x | 80.6 a x | 79.6 a x | 77.4 a x |

* Dentro de cada columna, letras iguales no se diferencian entre sí ($\alpha = 0.05$).

** Dentro de cada fila, letras iguales no se diferencian entre sí ($\alpha = 0.05$).

El cultivar Don Enrique redujo su altura en el tratamiento de picloram + 2,4-D, en el promedio de los momentos de aplicación (Tabla 11).

| Tratamientos | Altura (cm) |
|-----------------------|-------------|
| Dicamba + Metsulfuron | 76.5 a |
| Picloram + 2,4-D | 73.5 b |
| Clopiralid + MCPA | 78.3 a |
| Testigo | 76.9 a |

* En la columna, letras iguales no se diferencian entre sí ($\alpha = 0.05$).

Malformaciones de espigas

Las aplicaciones, durante el estado vegetativo, de las mezclas con 2,4-D y MCPA causaron malformaciones en espigas que pudieron observarse durante la diferenciación del ápice de crecimiento (Figura 1). Las mayores frecuencias de malformaciones en ambos cultivares, estuvieron dadas por espiguillas opuestas, faltantes y, en menor medida, dos espiguillas por inserción del raquis o espiguillas dobles y espiguillas no dísticas. En el cultivar Baguette 10 la mezcla con 2,4-D en el estado vegetativo, presentó los mayores porcentajes de deformaciones. La presencia de espigas con deformaciones en el estado diferenciación de glumas, pudieron deberse a espigas de macollos o plantas menos desarrolladas en el momento de la aplicación.

Figura 1. Apices y espigas malformadas de Baguette 10 (izquierda) y Don Enrique (derecha). **A:** Apice con EF, EO y giro de 90°; **B:** Apice con EO, EF, AR y giro de 90°; **C:** Espiga con EO, EF; **D:** Espiga con EO y AR; **E:** Espiga con AR y EA; **F:** Espiga con EA.

EO: espiguillas opuestas; EF: espiguillas faltantes; AR: aristas retorcidas; EA: espiga angosta.

También pudieron observarse aristas retorcidas en una frecuencia diferente según tratamiento y momento de aplicación en algunos casos debidas a dificultad en la emergencia de la espiga y en otras a interrupción de su normal desarrollo (Tabla 12). El tratamiento de picloram + 2,4-D presentó los mayores porcentajes de aristas retorcidas en gran parte de los momentos, esta malformación estuvo asociada a la presencia de espigas angostas (Figura 1), con menor número de granos y acortamiento del pedúnculo, principalmente en el estado de hoja bandera visible.

Tabla 12. Frecuencia de espigas deformes en tratamientos herbicidas en cinco estados de crecimiento

| Cultivares y tratamientos | Nerson 2 | | Nerson 6 | | Nerson 9 | | Zadoks 32 | | Zadoks 37 | |
|---------------------------|----------|------|----------|------|----------|------|-----------|------|-----------|------|
| | % ED | % AR | % ED | % AR | % ED | % AR | % ED | % AR | % ED | % AR |
| Baguette 10 | | | | | | | | | | |
| Dicamba + Metsulfuron | | | | | | | | | | 35 |
| Picloram + 2,4-D | 55 | 65 | | 47.5 | | 20 | | 35 | | 22 |
| Clopiralid + MCPA | 27.5 | 15 | | 12.5 | | | | | | 10 |
| Don Enrique | | | | | | | | | | |
| Dicamba + Metsulfuron | | | | | | | | | | 10 |
| Picloram + 2,4-D | 7.5 | | 20 | | | 20 | | 7.5 | | 15 |
| Clopiralid + MCPA | 17.5 | 7.5 | 5 | | | | | 5 | | |

%ED: Porcentaje de espigas deformadas; %AR: Porcentaje de espigas con aristas retorcidas, tallos retorcidos, espigas angostas.

En el caso de Don Enrique, clopiralid + MCPA causó las mayores frecuencias de

deformaciones. Las malformaciones más frecuentemente observadas en el período de alargamiento del tallo (Zadoks 32 y 37) estuvieron representadas por aristas retorcidas, cuello del pedúnculo retorcido y espigas angostas coincidiendo con los tratamientos donde hubo disminuciones de rendimiento.

Comentarios finales

La tolerancia de ambos cultivares fue similar hasta el estado de espiguilla terminal. Las mayores disminuciones de rendimiento, dentro del período de alargamiento del tallo, estuvieron dadas por la mezcla de picloram + 2,4-D. Este tratamiento afectó el rendimiento respecto de sus testigos desde estadios tempranos de crecimiento, en ambos cultivares. La aplicación de clopiralid + MCPA no afectó a Baguette 10 y Don Enrique, en los cinco estados de crecimiento, en términos de rendimiento en grano y granos espiga¹. El cultivar Don Enrique, a diferencia de Baguette 10, fue afectado por dicamba + Metsulfuron en el estado de hoja bandera visible, disminuyendo significativamente su rendimiento.

La tolerancia de los cultivares evaluados frente a cada mezcla herbicida fue diferente en algunos estados de crecimiento, evidenciando el comportamiento diferencial que los cultivares pueden tener, por lo que se hace necesario seguir explorando los efectos de las mezclas herbicidas en cultivares nuevos.

Si bien los eventos del desarrollo son los mismos, éstos ocurren más rápidamente en los cultivares de ciclo corto, por lo que es más probable realizar en éstos, aplicaciones tardías que pueden causar pérdidas importantes de rendimiento.

Referencias

Nerson, H., Sibony, M. and M. J. Pinthus. 1980. A scale for the assessment of the developmental stages of the wheat (*Triticum aestivum* L.) spike. *Ann. Bot.* 45, 203 – 204.
Zadoks, J. C. Ghang, and C.F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415 – 421.