

Avances en Horticultura - Review

Revisión bibliográfica sobre perspectivas y alcances del uso de dosis reducida de herbicidas en hortalizas

A.A. Dall Armellina¹; C.R. Bezić¹ y R. Brevedan²

¹Centro Universitario Regional Zona Atlántica, Universidad Nacional del Comahue. Ayacucho y Esandi (8500) Viedma, Río Negro. dallarmellinaarmando@jetband.com.ar ²Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur (8000) Bahía Blanca. ebreveda@criba.edu.ar

Recibido: 7/8/06

Aceptado: 22/8/08

Resumen

Dall Armellina, A.A.; Bezić, C.R. y Brevedan, R. 2008. Revisión bibliográfica sobre perspectivas y alcances del uso de dosis reducida de herbicidas en hortalizas. *Horticultura Argentina* 27(63): 20-29

El control de malezas en los cultivos de hortalizas, basado solamente en el uso de altas dosis de herbicidas, es muy difícil porque implica un incremento importante de los costos de producción, un aumento de la contaminación ambiental y el desarrollo de poblaciones de malezas resistentes a los mismos.

Una alternativa muy importante para lograr la disminución de los costos de producción y reducir los problemas ambientales, pero fundamentalmente para realizar un manejo de las malezas

donde se logre un efectivo control sin afectar los rendimientos del cultivo, es usar dosis reducida de herbicidas.

La reducción de la dosis de herbicidas se puede lograr reemplazando el uso de estos agroquímicos por otra metodología de control o utilizando dosis menores a las recomendadas.

La incorporación de esta técnica al manejo integrado de malezas requiere un alto conocimiento de la situación, historial del lote a usar, principales especies de malezas, estado de desarrollo de las mismas, como así también un adecuado manejo del cultivo donde se va aplicar.

Palabras clave adicionales: malezas, dosis mínimas, control integrado.

Summary

Dall Armellina, A.A.; Bezić, C.R. and Brevedan, R. 2008. Bibliographical revision about perspectives and scope of the use of reduced doses of herbicides in horticultural crops. *Horticultura Argentina* 27(63): 20-29

Weed control in horticultural crops based only on the use of high doses of herbicides is very difficult because it implies a significant increase in production costs, higher pollution of the environment, and the growth of weeds which are not affected by these chemicals.

The use of a reduced dose of herbicide is a very important alternative in order to reduce production costs and environmental

damage, and basically to carry out effective weed control that will not affect the yield of the crop. The reduction of the doses of herbicides can be achieved with the replacement of these chemicals by the implementation of the use of other weed control methods or applying doses which are minimal or lower than the usually recommended ones.

Adopting an integrated weed control technique requires thorough knowledge of the situation, the field to be used, main weed types and their stages of development as well as the appropriate management of the crop where it will be applied.

Additional keywords: weeds, minimal doses, integral control.

1. Introducción

El control de malezas es una de las prácticas que más influyen en la producción agrícola y el advenimiento de los herbicidas es, dentro de esas prácticas, la más importante (Pike *et al.*, 1991). Los cultivos hortícolas como parte de la agricultura moderna han incorporado esta forma de control en el mundo entero, incluida la Argentina (Mitidieri, 1973; Castro & Calvar, 1977; Campegli, 1981; Dall Armellina, 1995).

La incorporación del uso de herbicidas a la agricultura y específicamente a la horticultura ha permitido importantes beneficios que han alcanzado diversos aspectos de la actividad humana (Ashton

& Monaco, 1991). Entre ellos podemos señalar, los beneficios de carácter agronómico, como el incremento de los rendimientos en distintos cultivos, el incremento en la calidad de los productos, la eficiencia en el uso de la tierra, la erradicación de malezas perennes muy difíciles de controlar por otros métodos, la reducción de las tareas de laboreo, etc. Los de carácter social, como mejorar las condiciones de trabajo (tareas menos penosas), mayor tiempo libre para educación y recreación y, finalmente, aquellos beneficios de índole económica como la reducción de costos de producción, el incremento del valor de la tierra y el máximo aprovechamiento de los efectos de otros factores de la produc-

ción (riego, fertilización, control de plagas, etc). Todos estos factores muestran claramente porqué los herbicidas son una parte muy importante del sistema productivo agrícola en cualquier parte del mundo (Zoschke, 1994).

Existe en el mundo entero una gran concientización sobre los muchos aspectos negativos que involucra la aplicación de herbicidas en la producción agrícola (Anónimo, 1990; Ellis, 1992; Watson, 1992). Entre estos aspectos se menciona el excesivo uso de los recursos naturales (tierra-agua), aumento del interés público general por conocer qué contienen los alimentos y qué residuos tóxicos pueden tener. La preocupación por la contaminación del suelo y las napas de agua por herbicidas es cada día más fuerte (Gish *et al.*, 1998). Los herbicidas son los agroquímicos más usados, en volumen y superficie.

La reducción de la cantidad de plaguicidas, incluidos los herbicidas, se está realizando en la mayoría de los países (Kudsk, 1989; Berlinder *et al.*, 1994).

Existen claras evidencias del interés público por los efectos de los herbicidas en distintos aspectos de la actividad humana (Quadranti & Williams, 1990) en lo referente a los alimentos, aguas subterráneas, suelo, organismos específicos y la aparición de malezas resistentes a determinados herbicidas (Ellis, 1992).

2. Reducción de la cantidad de herbicidas

Se tienen varias posibilidades de reducir la cantidad de herbicidas a aplicar, pero es fundamental tener en cuenta el objetivo que se persigue. La reducción de la cantidad de herbicidas a aplicar se puede hacer de dos formas: con un objetivo a largo plazo, que implicaría reducir el número de tratamientos y remplazarlo por otras prácticas cuando es posible (Hartzler, 1993) o con un objetivo a corto plazo, para reducir la dosis o usar una dosis mínima (Hamill *et al.*, 1994; Fennimore *et al.*, 2000).

3. Dosis mínimas

Una de las alternativas en la reducción de la cantidad de herbicidas a usar es disminuir la dosis o usar dosis mínimas. La definición de otros términos relacionados a éste es un paso previo fundamental.

3.1 Dosis normal o recomendada: la dosis seleccionada por la casa productora del herbicida que asegura un control efectivo de gran parte de las malezas presentes en un producto (Dieleman & Mortensen, 1998).

3.2 Dosis biológicamente efectiva: es la dosis seleccionada para una determinada especie, depende del herbicida y del nivel de control deseado (Whiting *et al.*, 1991).

3.3 Relación dosis/factor: se refiere a la dosis ajustada a determinados factores presentes al momento de la aplicación, que incluye las especies de maleza presentes, el momento de aplicación y las condiciones ambientales (Baandrup & Ballegaard, 1989; Kudsk, *et al.*, 1990).

3.4 Relación dosis/estado fenológico: la aplicación de dosis reducidas de herbicidas postemergentes es mucho más efectiva cuando se aplica en los primeros estados de desarrollo de las malezas (Defelice *et al.*, 1989; Devlin *et al.*, 1991; Khan & Donald, 1992; King & Oliver, 1992; Klingaman *et al.*, 1992).

3.5 Dosis subletal o subdosis: es aquella dosis que estaría por debajo del nivel inferior de control y que de ninguna manera permitiría alcanzar el nivel deseado del mismo (Dieleman, comunicación personal).

A pesar de que la empresa que produce y comercializa un determinado herbicida sugiere dosis que considera adecuadas para cada situación y las que se pueden considerar como normales, muchos productores han trabajado con dosis inferiores a las recomendadas en los marbetes (Defelice *et al.*, 1989; Hartzler, 1993; Jones *et al.*, 1995). Esto se basa fundamentalmente en su experiencia personal y en su conocimiento del lugar, del espectro de malezas presentes, de las condiciones ambientales y, por sobre todo, en el objetivo de producir una importante disminución de los costos de producción. Esta decisión generalmente no es apoyada por la empresa que manufactura el herbicida y la responsabilidad del control en esas condiciones, siempre ha sido asumida por el productor.

4. Algunos conceptos de dosis reducida o mínima de herbicidas

Establecidos esos conceptos previos cabe mencionar la definición de dosis mínima que realizan algunos autores:

Dieleman y Mortensen (1998): “un medio o un cuarto de la dosis recomendada que es establecida de acuerdo al espectro de malezas presentes en el campo, al estado de su crecimiento y desarrollo”.

Dall Armellina (1995): “El concepto de dosis reducida de herbicida asume que las dosis aplicadas están por debajo de aquellas recomendadas, para un determinado estado fenológico del cultivo y de las malezas y que controlan la mayoría de ellas, hasta niveles que no afectan la calidad y el rendimiento de los cultivos”.

Zoschke (1994): “dosis reducida sugiere que son dosis de herbicidas inferiores a las recomendadas y que pueden ejercer una presión sobre casi todas las malezas que se desean eliminar, sin afectar negativamente el rendimiento de la cosecha. La dosis mínima que permite alcanzar el objetivo de un determinado nivel de control es una variable que depende de: a) condiciones climáticas, b) características del cultivo y las malezas, c) características tecnológicas de la aplicación, d) nivel de control deseado en función de los objetivos a corto plazo (rentabilidad y productividad), e) nivel de control deseado en función de los objetivos a largo plazo, conservación de los recursos con reducción al mínimo admisible de la contaminación ambiental, y f) espectro de malezas. Por lo tanto, la dosis mínima puede variar en algunos casos entre límites bastante amplios”.

Mitidieri (comunicación personal): “Dosis reducida o mínima es aquella que siendo significativamente inferior a la recomendada permite alcanzar el nivel deseado de control cuando las condiciones lo permiten. No se debe confundir dosis mínima con subdosis, que implicaría una dosis insuficiente para lograr el control deseado”.

Williams (1991) señala: “Tan poco como sea posible, tanto como sea necesario”.

El uso adecuado de dosis reducida contribuye significativamente a los objetivos de la agricultura sostenible, a la rentabilidad -al disminuir los costos de producción- y a la reducción de la contaminación, al bajar las dosis (Dieleman & Mortensen, 1998). Se entiende que en ningún momento la productividad puede ser afectada, salvo que los objetivos ecológicos tengan mayor importancia que los productivos (Loux & Starchler, 1997).

5. Dosis reducida de herbicidas en hortalizas

El control de malezas en los cultivos de hortalizas, basado solamente en el uso de altas dosis de herbicidas, es muy difícil porque implica un incremento importante de los costos de producción, un aumento de la contaminación ambiental y el eventual desarrollo de poblaciones de malezas resistentes a los mismos (Bulcke & Callens, 1998).

La posibilidad de reducir la dosis de los herbicidas en estos cultivos implica, por sí misma, la incorporación de otras técnicas dentro del sistema de producción, que lo hagan económica, ambiental y socialmente aceptable (Mortensen *et al.*, 1995). La integración de múltiples técnicas en el manejo de las malezas influye sobre dos aspectos fundamentales, la mayor competitividad por parte del cultivo y la reducción de las poblaciones de malezas (Swanton & Wiese, 1991).

Existen diversas razones por las que se podría reducir la dosis de herbicida.

a) Por lo general los fabricantes dan mayores dosis que las necesarias, destinadas a controlar las malezas más resistentes y en estados de crecimiento más avanzados (Salonen, 1992).

b) En algunos herbicidas, una dosis menor, conjuntamente con el uso de sustancias tensioactivas y otras técnicas, puede permitir un control aceptable (Gebhart, 1981; Salisbury, 1991; Holm *et al.*, 2000).

c) Un máximo control de malezas no siempre es la condición óptima para un buen rendimiento del cultivo. Cada cultivo tiene su umbral de daños debajo del cual las malezas no interfieren con el rendimiento (Defelice *et al.*, 1989).

d) Todos los cultivos tienen un período crítico durante el cual el control de las malezas es fundamental. La cantidad de herbicida puede ser reducida sustancialmente si el control se efectúa en este período (Van Acker *et al.*, 2000).

Para poder aplicar estos conocimientos es fundamental conocer las relaciones entre la biología y ecología de las malezas y la estrategia de reducción de dosis e incorporarlo al control integrado (Dieleman & Mortensen, 1998).

6. Respuesta a la población de malezas a la reducción de la dosis de herbicidas

La respuesta de las poblaciones de malezas a la aplicación de un herbicida es muy variada y se puede valorar por medio de:

- a - la mortandad de plantas,
- b - la reducción de la presión de las malezas (de la biomasa, densidad y área foliar de las mismas),
- c - la reducción en la producción y viabilidad de las semillas de las malezas.

La eficacia de un herbicida ante una población de malezas se evalúa por la reducción de la biomasa del tratamiento en cuestión, referida a la biomasa del testigo. Las indicaciones y recomendaciones posteriores irán referidas a este comportamiento analiza-

do ante un gran número de especies y diversas condiciones ambientales (Martin, 1994).

Siempre existe una posibilidad potencial de reducir la dosis recomendada y aun lograr un buen control de malezas. En estos casos es importante:

a - evaluar cómo esta reducción en la dosis, cambia la relación entre el cultivo y las malezas presentes.

b - predecir, si es posible, las pérdidas que se pueden producir en el cultivo por la reducción de esta dosis.

Como en general se trata de colocar el cultivo en condiciones favorables de competencia, se debe estudiar antes de reducir las dosis, el espectro de malezas presentes, el nivel de infestación de esas malezas, las condiciones ambientales, el estado de desarrollo del cultivo y el momento de aplicación del herbicida (Dieleman & Mortensen, 1998).

7. Efectos de la presión de las malezas sobre la reducción de la dosis de herbicidas

Reducir la presión de las malezas es el primer objetivo de cualquier aplicación de herbicidas. La reducción en la biomasa, la densidad de la población y el área foliar pueden ser un índice de la reducción de la presión de malezas.

Los niveles de infestación o la densidad de población son variables importantes que pueden influir en el éxito de la aplicación reducida de herbicidas. Con bajos niveles de infestación, se puede obtener resultados mucho más favorables que con altos niveles de infestación. Para lograr igual reducción del peso seco del "nabo blanco" (*Brassica hirta* Moench.) en invernáculo, Winkle *et al.* (1981) necesitaron dosis mucho más alta de atrazina que cuando los niveles de infestación eran más bajos.

Experiencias realizadas en Hilario Ascasubi (Dall Armellina, 1992b) mostraron la posibilidad de reducir la dosis de herbicidas postemergente en cebolla de siembra directa, con resultados muy satisfactorios, mientras que en el Valle Inferior del Río Negro, con poblaciones de malezas considerablemente más alta, los resultados fueron muy distintos y en algunos casos las dosis aplicadas no fueron suficientes para lograr los niveles de control deseados (Van Konijnenbur, 1994).

En general, en sitios con alta densidad de malezas se tienen menos posibilidades de éxito cuando se usan dosis reducidas de herbicidas (Buhler *et al.*, 1992). Las experiencias de Pannell (1990b) con rai-gras (*Lolium rigidum* Gaud.) muestran que con densidades de malezas menores, el efecto de dosis re-

ducida es mayor que cuando las densidades son más altas.

Según Dieleman y Mortensen (1998), se puede especular que la menor efectividad en el control de malezas con dosis reducida en poblaciones de alta densidad es debido a que, en el caso de tratamientos de presiembra o de preemergencia, hay acumulación de grandes cantidades de materia orgánica proveniente de las raíces de malezas, que inmoviliza al herbicida o impide que la solución del suelo alcance los valores necesarios para efectuar un buen control.

En caso de tratamientos postemergentes el canopeo de las malezas más altas impide la llegada del herbicida a las plantas más pequeñas, que sobreviven al tratamiento. También puede atribuirse la reducción en la efectividad, a una gran disminución de la humedad del suelo que produce estrés en las malezas y una mayor resistencia al herbicida (Dieleman & Mortensen, 1998).

Los niveles de infestación varían en un mismo lugar con el tipo de manejo realizado en años anteriores o con las condiciones ambientales (Eadie *et al.*, 1992; Salonen, 1992b).

La reducción del área foliar es concomitante con la reducción de la biomasa de las malezas. Esa reducción del área foliar y la biomasa de las malezas influye sobre su capacidad de competir con las especies cultivadas. El efecto de dosis reducida aunque no produzca la muerte de las malezas afecta el crecimiento posterior de las mismas (Weaver, 1991).

8. Influencia de la reducción de la dosis de herbicidas sobre la producción y viabilidad de las semillas

Muchos productores piensan que cuando se usan dosis de herbicidas menores a las recomendadas, el número de malezas que logra producir semillas es muy grande y el manejo de las malezas en el futuro se tornará imposible (Defelice *et al.*, 1989; Orson, 1990; O'Sullivan & Brown, 1993).

La pregunta que nos formulamos es si la reducción de la dosis de los herbicidas afecta la producción y la viabilidad de las semillas de las malezas.

Existen evidencias de que dosis reducidas de herbicidas producen importantes reducciones en el número de frutos por planta y en el número de frutos vanos, como en *Xanthium strumarium* L. con aplicaciones de bentazona a la mitad de la dosis recomendada (Zhang & Cavers, 1994). En quinoa (*Chenopodium album* L.) la aplicación de dosis

reducida de 2,4-D retrasó considerablemente la floración, disminuyendo el número de semillas producidas antes de las heladas (Hume & Shirriff, 1989).

El momento de aplicación también influye sobre la producción de semillas (Fawcett & Slide, 1978; Meed & Pandey, 1993; Anderson, 1995). Si se aplican dosis reducidas de tribenuron, la mitad de lo recomendado, sobre una población de *Fallopia convolvulus* (L) A.Love, con la primera hoja verdadera, se puede reducir la producción de semilla en un 70 % (Anderson, 1995).

La germinación y la emergencia de nuevas plántulas están influidas negativamente por la aplicación de dosis mínimas de herbicidas sobre las plantas de malezas madre (Fawcett & Slide 1978; Hume & Shirriff, 1989; Zhang & Cavers, 1994).

9. Relación entre dosis mínimas y resistencia de las malezas a los herbicidas

Dos posiciones se han tomado con relación a la aplicación de dosis reducidas de herbicidas y su efecto sobre la población de malezas resistentes. Un punto de vista es que la aplicación de dosis mínima permitiría a las malezas, naturalmente tolerantes, sobrevivir a la aplicación y producir semillas. Por lo que en el futuro se produciría un gran aumento de esta población (especies resistentes) en relación a las especies sensibles (Hume & Shirriff, 1989; Morrison & Devine 1994; Zhang & Cavers, 1994). Desde otro punto de vista totalmente opuesto al anterior, se señala que el uso de dosis reducidas permitiría mantener especies sensibles y reducir a la vez la proporción de especies resistentes (26).

Se conoce en la actualidad (Zhang *et al.*, 2000) que subdosis o dosis subletales acelerarían la evolución cuantitativa de la resistencia de las malezas, mientras que dosis letales o más altas promoverían la aparición de genes resistentes en las malezas.

Zhang *et al.* (2000) afirman que la posibilidad de usar dosis reducida de herbicidas implica siempre un riesgo y que la experiencia local, tanto del cultivo como de las malezas, es la única vía segura para su implementación.

10. Estrategias para reducir la dosis

Reducir la dosis de un herbicida puede considerarse como una estrategia, es decir, como una serie de acontecimientos que conducen finalmente a la opción de reducir la dosis. Secuencialmente se podrían resumir de la siguiente forma los pasos a seguir:

- 1.-Determinación de la curva de dosis-respuesta,
- 2.-Determinación de los factores de ajuste de la curva de dosis-respuesta,
- 3.-Selección de la dosis adecuada.

10.1 Curva de dosis-respuesta de herbicidas

Las curvas de dosis-respuesta están basadas en el mecanismo de acción de los herbicidas y proveen una respuesta cuantitativa de la *performance* del herbicida en el amplio rango de dosis evaluado.

Así, a bajas dosis, la respuesta al herbicida debe ser nula o muy baja y al aumentar la dosis las plantas verán considerablemente afectado su crecimiento, existiendo una dosis media a partir de la cual se consigue que la respuesta de las plantas se reduzca a la mitad. Es a partir de esa dosis que se evalúa la dosis mínima.

La variable de respuesta más empleada es la acumulación de biomasa, a pesar de que pueden medirse otras, como la asimilación de CO₂, el porcentaje de cobertura, la proporción de supervivencia o el área foliar, entre otras. Estas variables suelen estudiarse tanto sobre las malezas como sobre el cultivo (Jensen & Kudsk, 1988; Jensen & Streibig, 1994).

Los modelos descriptos para estas curvas se originaron en los modelos clásicos de bioensayos (Finney, 1978). En general, al graficar la respuesta de las plantas en función del logaritmo de la dosis de herbicida empleada, se obtiene un patrón sigmoideo. En la actualidad se dispone de muchos modelos sigmoideos, entre los más empleados se destaca el modelo logarítmico. Otros modelos de curvas sigmoideas relevantes pueden ser la de Gompertz, Von Bertalanffy o la curva de Richards, o la familia de curvas de Morgan-Mercer-Flodin (Jensen & Streibig, 1944).

La curva, descrita teóricamente, puede determinarse experimentalmente para cada especie con cada herbicida. Pero debe tenerse presente que la misma puede variar bajo condiciones ambientales diferentes y para diferentes estados fisiológicos y fenológicos de la planta. Así, si se emplea el mismo herbicida o uno con el mismo modo de acción es razonable esperar que la curva presente la misma pendiente por lo que en la literatura se las conoce como curvas paralelas (Jensen & Kudsk, 1988). Mientras que si se emplean herbicidas con diferentes principios activos sobre la misma especie se espera que la respuesta máxima y mínima no varíe, pero la pendiente no tiene por qué conservarse, y es así que se obtienen las curvas no paralelas (Streibig 1993).

10.2 Factores de ajustes a las dosis de herbicidas

Para iniciar la experiencia de reducir la dosis de herbicidas en un cultivo hay que tener un conocimiento previo de la situación en cuanto a los cultivos anteriores y a las malezas presentes en los mismos (Harker *et al.*, 2003). La oportunidad para reducir la dosis de un herbicida debe estar basada en el conocimiento de tres factores fundamentales.

- a - El espectro de malezas presentes o composición florística,
- b - El estado de desarrollo de las mismas, y
- c - Las condiciones ambientales.

10.2.1 Composición florística o espectro de malezas

La dosis recomendada de un herbicida puede ser efectiva contra una larga lista de distintas especies de malezas. De estas especies algunas pueden ser controladas con dosis muy bajas y otras con dosis muy altas. La curva de dosis-respuesta se construye para cada maleza. Un ejemplo muy conocido es el uso de thifensulfuron en soja, con 0,5 g·ha⁻¹ se reduce el 80 % de la población de *Amaranthus hybridus* L. var. *Quitensis* (H.B.K.) Covas, mientras para *Chenopodium album* L. se necesitan 1,2 g·ha⁻¹ y para *Abutilon theophrasti* Medic. 2,9 g·ha⁻¹. La soja tolera hasta 125 g·ha⁻¹. La dosis recomendada es de 6 g·ha⁻¹ (Dieleman & Mortensen, 1998).

La existencia de malezas cuya sola presencia causa problemas en el cultivo influye notablemente en la dosis de herbicida a usar. Malezas que con muy pocos individuos por hectárea causan serios problemas, especialmente de cosecha, deben ser controladas en un 100 % (Kudsk, 1989).

10.2.2 Estado de desarrollo de las malezas

Las malezas son controladas más fácilmente en sus primeros estados de desarrollo que cuando han crecido. Los herbicidas postemergentes en general tienen más efectividad cuando son aplicados tempranamente (Defelice *et al.*, 1989; Stekel, 1990; Devlin *et al.*, 1991; Khan & Donald, 1992; King & Oliver, 1992; Klingaman *et al.*, 1992; O'Sullivan & Brown, 1993).

El tiempo de aplicación puede estar indicado por el estado fenológico de las malezas, cotiledón u hojas verdaderas, o por el tiempo después de la emergencia de la maleza o del cultivo.

Se puede predecir el porcentaje de control de una determinada dosis de un herbicida sobre una maleza conociendo su estado fenológico (Klinga-

man *et al.*, 1992) o conociendo el tiempo desde su emergencia (King & Oliver, 1992). El estado de crecimiento indica el nivel de susceptibilidad y el mejor tiempo de aplicación de dosis reducida de un herbicida para cada especie depende de su estado de crecimiento.

10.2.3 Condiciones ambientales

Condiciones ambientales tales como temperatura, irradiancia, lluvia, humedad del suelo y humedad relativa, tienen una gran influencia sobre la efectividad de un herbicida (Gebhart, 1981; Jensen & Kudsk, 1988). Cuando se evalúa la actividad de un herbicida no se tiene en cuenta esta condición en forma aislada sino como una totalidad. El efecto de un factor climático puede ser mayor o menor, dependiendo de otros factores que interactúan o actúan en forma simultánea. El efecto que puede tener la humedad relativa sobre el comportamiento de un herbicida será mucho mayor cuando otros factores, tales como la temperatura o la humedad del suelo, son óptimos (Jensen & Kudsk, 1988). La lluvia tiene una gran influencia sobre los herbicidas aplicados antes de la siembra o en preemergencia, aumentando su disponibilidad en el suelo.

Cuando se usan dosis bajas, toma mayor tiempo a las malezas absorber la cantidad de herbicida requerida para ser letal, que cuando se usan dosis altas, por lo que es muy importante que las condiciones previas a la aplicación sean las ideales en lo que se refiere a tiempo libre de lluvias, alta irradiancia y alta humedad relativa (Gebhart, 1981).

El aumento de la humedad relativa, la humedad del suelo y la temperatura producen un notable incremento en la actividad de herbicidas como el aciflufen (Meeusen *et al.*, 1983) y thiameturon (Kudsk *et al.*, 1990).

10.3 Combinación con otras estrategias de control

El éxito de usar dosis reducida sobre una población de malezas depende en gran parte de la aplicación simultánea de otras estrategias. Estas incluyen el uso de cultivadores y prácticas culturales como la rotación de cultivos, el manejo de residuos, del agua y la fertilización. La aplicación de otros métodos de control reduce por sí mismo el uso de herbicidas y posibilita que cuando sea necesario e imprescindible hacer uso de ellos se puedan aplicar en dosis inferiores a las recomendadas. Los efectos acumulativos de distintas prácticas culturales, tareas mecánicas y dosis reducidas de herbicidas deben ser

analizados detenidamente en cada situación (Doll, 1995).

10.4 Selección de dosis

La selección de dosis debería realizarse en función de las curvas de dosis-respuesta, relacionándola con las condiciones presentes en el momento de la aplicación. Para esta selección es muy importante fijar el nivel de control al que se quiere llegar y las respuestas biológicas de las distintas especies a las distintas dosis.

Una base de datos con distintas experiencias sería muy importante, allí se seleccionarían las dosis para cada circunstancia y se incluirían en ella, de acuerdo a la dosis, el nivel de control deseado, 50, 70, 80 ó 90 % y el estado de desarrollo de las malezas (Zhang *et al.*, 2000).

11. Dosis reducidas y manejo integrado de malezas

Se define al manejo integrado de malezas (MIM) como aquel sistema que enfoca el problema de las malezas, utilizando, en forma compatible con la calidad ambiental, todas las técnicas adecuadas y conocimientos existentes para reducir una población de malezas a niveles tales, que los perjuicios económicos se hallen por debajo de un umbral aceptable (Fernández, 1982), y que a su vez aumenten la capacidad competitiva del cultivo sobre las malezas (Linker & Barfield, 1985; Swanton & Wiese, 1991).

La estrategia de reducir la dosis de herbicida puede considerarse parte del denominado manejo integrado de malezas. Prácticas de MIM de gran éxito, asociadas con la aplicación de dosis reducida de herbicidas han sido reportadas por varios autores (Bicki *et al.*, 1991; Buhler *et al.*, 1992; Forcella *et al.*, 1992; Mulder & Doll, 1993).

Si se integra la aplicación de dosis mínima con distintas labores culturales, como ser el laboreo entre las líneas de un cultivo, se puede lograr una reducción del 50 al 75 % de la dosis de herbicidas sin disminuir los rendimientos (Buhler *et al.*, 1992; Eadie *et al.*, 1992; Mulder & Doll, 1993).

Reducir la dosis de herbicida requiere un manejo intensivo por parte del productor que asume los riesgos de usar esta tecnología y al mismo tiempo debe conocer perfectamente todas sus posibilidades al incorporar este sistema. La dosis de un herbicida puede reducirse a la mitad y aun menos, siempre que se pueda definir claramente cuál es la relación maleza/herbicida (Loux & Starchler, 1997).

12. Posibilidades del uso de dosis reducidas o mínimas de herbicidas

El desarrollo de estrategias de reducción de dosis de herbicidas requiere de conocimientos en cuanto a la biología y ecología de las malezas y su relación con el cultivo, para mejorar las expectativas de un adecuado control, sin afectar los rendimientos.

Para implementar esta estrategia se debe, en primer lugar, tener una decisión tomada en cuanto al lote o lugar donde se aplicará la misma. Si el lote proviene de cultivos hortícolas que se han desarrollado en forma sucesiva sin rotación, las posibilidades de disminuir la dosis de los herbicidas son menores. Si el lote proviene de rotaciones racionales o de cultivos de pasturas, la posibilidades de usar esta técnica se ve incrementada (Van Acker *et al.*, 2000). Luego de conocer dentro de ese campo el espectro de malezas presentes, hay que seleccionar el herbicida más adecuado y el momento oportuno para su aplicación, finalmente realizar el mayor número posible de labores culturales que puedan reemplazar la aplicación de herbicidas.

13. Bibliografía

- Anderson, L. 1995. Effects of dose and application timing on the seed production of three weed species treated with MCPA or tribenuron-methyl. *Weed Research* 35:67-74.
- Anónimo. 1990. Agricultural resources: Inputs, situation, and outlook report. Econ. Research Service. U.S. Department of Agriculture, Washington DC, EE.UU.
- Ashton, F.M. & Monaco, T.J. 1991. *Weed science. Principle and practices*. 3ª ed. Wiley and Sons, New York, EE.UU.
- Baandrup, M. & Ballegaard, T. 1989. Three years field experience with an advisory computer system applying factor-adjusted doses. p. 555-560. En: *Proceedings British Crop Protection Conference, Weeds, Lavenham, Suffolk, Inglaterra*.
- Berlinder, R.R.; Gummeson, G. & Karlsson, C. 1994. Percentage-driven government mandates for pesticide reduction: the Swedish model. *Weed Technology* 8:350-359.
- Bicki, T.J.; Wax, L.M. & Sipp, S.K. 1991. Evaluation of reduced herbicide application strategies for weed control in coarse-textured soils. *Journal Production Agriculture* 4:516-519.

- Buhler, D.D.; Gunsolous, J.L. & Ralston, D.F. 1992. Integrated weed management techniques to reduce herbicides inputs in soybean. *Agronomy Journal* 84: 973-978.
- Bulcke, R.M. & Callens, D. 1998. Herbicides resistance in weeds. What to learn from forty years of long-term herbicide experiments in apple and pear orchards. p.71-77. En: 6th Symposium Mediterranéen European Weed Research Society, Montpellier, Francia.
- Campeggia, O. 1981. Experiencias para el control de malezas en cultivos hortícolas. *IDIA* 255: 5-12.
- Castro, H. & Calvar, D.R. 1977. Control químico de malezas en cebolla de siembra directa. *Plaguicidas y Hormonas* 4:15-18.
- Dall Armellina, A. 1992b. Manejo de malezas en el cultivo de cebolla. p.S1-8. En: Primer Coloquio Internacional sobre Horticultura. Pedro Luro, Buenos Aires, Argentina.
- Dall Armellina, A. 1995. Conceptos básicos para el uso reducido de herbicidas I. Experiencias en el cultivo de ajo. p.33-39. En: Curso taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo, Mendoza, Argentina.
- Defelice, M.S.; Brown, W.B.; Aldrich, R.J.; Sims, B.D. & Judy, D.T. 1989. Weed control in soybeans (*Glycine max*) with reduced rates of postemergence herbicides. *Weed Science* 37: 365-374.
- Devlin, D.L.; Long, J.H. & Maddux, L.D. 1991. Using reduced rates of postemergence herbicides in soybeans (*Glycine max*). *Weed Technology* 5: 834-840.
- Dieleman, A. & Mortensen, D.A. 1998. Influence of weed biology and ecology on development of reduce dose strategies for integrated weed management system. p.334-362. En: J.L. Hatfield, D.D. Buhler & B.A. Stewart. (ed). *Integrated weed and soil management*. Ann Arbor Press, Michigan, EE.UU.
- Doll, J.D. 1995. Integrating mechanical weeding with reduced herbicide use in conservation tillage corn production systems. *Agronomy Journal* 87:507-512.
- Eadie, A.G.; Swanton, C.J.; Shaw, J.E. & Anderson, G.W. 1992. Banded herbicide applications and cultivation in a modified no-till corn (*Zea mays*) system. *Weed Technology* 6: 535-542.
- Ellis, J.F. 1992. Herbicides development and marketing of weed control in United States of America. p.74-82. En: Proceedings 1st International Weed Control Conference, Melbourne, Australia.
- Fawcett, R.S. & Slide, M. 1978. Effects of 2,4-D and dalapon on weed seed production and dormancy. *Weed Science* 26:543-547.
- Fennimore, S.A.; Lanini, W.T.; McGiffen, M.E. & Bell, C.E. 2000. Evaluation of low-rate herbicides for potential use in vegetable crops. p.53-57. En: Proceedings of the Western Society of Weed Science Annual Meeting, Tucson, Arizona, EE.UU.
- Fernández, O.A. 1982. Manejo integrado de las malezas. *Planta Daninha* 5: 69-79.
- Finney, D.J. 1978. Bioassay and the statistical interference. *International Statistical Review* 43: 1-12.
- Forcella, F.; Westgate, M.E. & Warnes, D.D. 1992. Effect of row width on herbicide and cultivation requirements in row crops. *American Journal Alternative Agriculture* 7:161-167.
- Gebhart, M.R. 1981. Preemergence herbicides and cultivations for soybeans (*Glycine max*). *Weed Science* 29: 165-168.
- Gish, T.J.; Shirmohammadi, A.; Helling, C.S.; Kung, K.J.S.; Wienhold, B.J. & Rawls, W.J. 1998. Mechanisms of herbicide leaching and volatilization and innovative approaches for sampling, prediction, and control. p.107-134. En: J.L. Hatfield, D.D. Buhler and B.A. Stewart, (eds) *Integrated weed and soil management*. Ann Arbor Press, Michigan, EE.UU.
- Gressel, J. & Segel, L.A. 1992. Interrelating factors controlling rate of appearance of resistance. The outlook for the future. p.325-327. En: J.B. Le Baron and J. Gressel (eds), *Herbicides resistance in plant*. John Wiley and Sons, New York, EE.UU.
- Hamill, A.S.; Surgeoner, F.A. & Roberts, W.P. 1994. Herbicide reduction in North America, an opportunity for motivation and growth in weed management. *Weed Technology* 6:749-752.
- Harker, K.N.; Clayton, G.W.; Blackshaw, R.E.; O'Donovan, J.T. & Stevenson, F.C. 2003. Seeding rate, herbicide timing and competitive hybrids contribute to integrated weed management in canola (*Brassica napus*). *Canadian Journal Plant Science* 83:433-440.
- Hartzler, R.G. 1993. Reducing herbicide use in field crops. Iowa State University, Extension Report IPM-36.

- Holm, F.A.; Kirkland, K.J. & Stevenson, F.C. 2000. Defining optimum herbicide rates and timing for wild oat (*Avena fatua*) control in spring wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Technology* 14:167-175.
- Hume, L. & Shirriff, S. 1989. The effects of 2,4-D on growth and germination of lambsquarters (*Chenopodium album* L.) plants having different degrees of tolerance. *Canadian Journal Plant Science* 69: 897-902.
- Jensen, J.E. & Streibig, J. 1994. Herbicide dose-response curves and sustainable agriculture. p.15-33. En: Quantitative methods for sustainable agriculture, Concerted action workshop, Edinburgh, Inglaterra.
- Jensen, P.K. & Kudsk, P. 1988. Prediction of herbicide activity. *Weed Research* 28: 473- 478.
- Jones, D.S.; Lin, H.; Kane, M.V. & Grabau, L.J. 1995. Reduced preplant incorporated imazaquin rates for broadleaf weed control in soybean. *Agronomy Journal* 87: 498-502.
- Khan, M. & Donald, C. 1992. Sulfonylurea herbicides reduce survival and seed production of green and yellow foxtails (*Setaria* spp.). *Weed Technology* 6: 284-290.
- King, C.A. & Oliver, L.R. 1992. Application rate and timing of acifluorfen, bentazon, chlorimuron and imazaquin. *Weed Technology* 6: 526-534.
- Klingaman, T.E.; King, C.A & Oliver, L.R. 1992. Effect of application rate, weed species, and weed stage of growth on imazethapyr activity. *Weed Science* 40: 227-232.
- Kudsk, P. 1989. Experiences with reduced herbicide doses in Denmark and the development of the concept of factor-adjusted doses. p.545-554. En: Proceedings British Crop Protection Conference Weed, Lavenham, Suffolk, Inglaterra.
- Kudsk, P.; Olensen, T.R. & Thonke, K.E. 1990. The influence of temperature, humidity and simulated rain on the performance of thiameturon-methyl. *Weed Research* 30:261-269.
- Linker, H.M. & Barfield, C.S. 1985. Integrating tactics into soybean IPM programs. p.652-662. En: R.E. Frisbie & P.L. Adkisson (eds). Integrated pest management on major agricultural systems. Texas A&M University Press, Texas, EE.UU.
- Loux, M. & Starchler, J.M. 1997. Reducing herbicide input in no-till soybeans. p.873-878. The 1997 Brighton Crop Conference Weeds. Brighton, Inglaterra.
- Martin, A.R. 1994. Visual and photographic assesment of herbicide efficacy trials for use in bioeconomic modeling. Proceeding. Leed Science Society American 34: 117.
- Meed, R.W. & Pandey, S. 1993. Compelling grounds for controlling seed production in avena species (wild oats). p.769-776. En: Proceedings 8th European Weed Research Society Symposium, Braunschweig, Alemania.
- Meeusen, R.M.; Lokey, S.M. & Yih, R.Y. 1983. Effects of environmental factors on the herbicidal activity of acifluorfen. *Applied Biology* 4: 253-263.
- Mitidieri, A. 1973. Evaluación del control de malezas en hortalizas y frutales en la República Argentina. *Malezas* 2: 3-13.
- Morrison, I.N. & Devine, M.D. 1994. Herbicide resistance in the Canadian prairie provinces: Five years after the fact. *Phytoprotection* 75: 5-16.
- Mortensen, D.A.; Martin, A.R & Dieleman, A. 1995. Reducing herbicides through development in methods and technologies for herbicides application. Proceeding Weed Science Society America 35:363-365.
- Mulder, T.A. & Doll, J. 1993. Integrating reduced herbicide use with mechanical weeding in corn (*Zea mays*). *Weed Technology* 7: 382 - 389.
- Orson, J.H. 1990. Population thresholds as an aid to weed control. p.41-48. En: Proceedings British Crop Protetion Conference Weeds, Lavenham, Suffolk, Inglaterra.
- O'Sullivan, J. & Brown, R. 1993. Reduced rates of postemergence herbicides for weed control in sweet corn (*Zea mays*). *Weed Technology* 7: 995-1000.
- Pannell, D.J. 1990a. An economic response model of herbicide application for weed control. *Australian Journal Agricultural Economics* 34: 223-241.
- Pannell, D.J. 1990b. Model of wheat yield response to application of diclofopmethyl to control ryegrass (*Lolium rigidum*). *Crop Protection* 9: 422-428.
- Pike, D.R.; McGlamery, M.D. & Knake, E.L. 1991. A case of study of herbicide use. *Weed Technology* 5: 639-646.
- Quadranti, M. & Williams, R.J. 1990. Trends in weed control technology. p.5. Universite de Berne, Gwatt, Suiza.

- Salisbury, C.D. 1991. Ammonium sulphate enhancement of glyphosate and SC-0224 control of johnsongrass (*Sorghum halepense*). *Weed Technology* 5: 18-21.
- Salonen, J. 1992a. Efficacy of reduced herbicide doses in spring cereals of different competitive ability. *Weed Research* 32: 483-491.
- Salonen, J. 1992b. Yield responses of spring cereals to reduce herbicide doses. *Weed Research* 32: 493-499.
- Stekel, L.E. 1990. Integrating reduced rates of post-emergence herbicides and cultivation for broadleaf weed control in soybeans (*Glycine max*). *Weed Science* 38: 541-545.
- Streibig, J.C. 1993. Herbicide bioassays. CRC Press, Boca Raton, Florida, EE.UU.
- Swanton, C.J. & Wiese, S.F. 1991. Integrated weed management: the rationale and approach. *Weed Technology* 5:657-663.
- Van Acker, R.C.; Dersen, D.; Entz, M. & Martens, G. 2000. Reducing herbicides rates: How far can we go? Extension Bulletin. University of Manitoba. Winnipeg, Canada.
- Van Konijnenbur, A. 1994. Control de malezas. p. 26-29. En: Cebolla en el Norte de la Patagonia. Informe Técnico INTA-IDEVI N°4, Viedma, Río Negro, Argentina.
- Watson, A.K. 1992. Biological and other control measures. p.64-73. En: Proceedings 1st International Weed Control Congress, Melbourne, Australia.
- Weaver, S.E. 1991. Size-dependent economic thresholds for three broadleaf weed species in soybeans. *Weed Technology* 5:674-679.
- Whiting, A.J.; Davies, D.H.K.; Brown, H. & Whytock, J.P. 1991. The field use of reduced doses of broad-leaved weed herbicides in cereals. p.1209-1216. En: Proceeding British Crop Protection Conference, Weed, Lavenham, Suffolk, Inglaterra.
- Williams, R.J. 1991. Management of weed in 2000. p.25 En: Seminar on "Pest management and the environment in year 2000". Kuala Lumpur, Malaysia.
- Winkle, M.E.; Leavit, J.R.C. & Burnside, O.C. 1981. Effects of weed density on herbicide absorption and bioactivity. *Weed Science* 29: 405-409.
- Zhang, J.; Weaver, S.E. & Hamill, S. 2000. Risks and reliability of using herbicides at below-labeled rates. *Weed Technology* 14: 106-115.
- Zhang, J. & Cavers, P.B. 1994a. Effect of herbicide application on fruit characters of *Xanthium strumarium* L. populations. *Weed Research* 34: 319-326.
- Zoschke, A. 1994. Toward reduce herbicides rates adapted weed management. *Weed Technology* 8:376-386.