

EFECTO DE CUATRO HERBICIDAS PREEMERGENTES SOBRE EL CONTROL DE ROTTBOELLIA COCHINCHINENSIS EN CUATRO ORDENES DE SUELO DEDICADOS AL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN COSTA RICA

Roberto Alfaro Portuguez*, Javier Bolaños Porras*, Manrique Blanco R.**

***Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar**

****Instituto Tecnológico de Costa Rica**

e-mail: ralfaro@laica.co.cr, jbolanos@laica.co.cr

INTRODUCCIÓN

La maleza *Rottboellia cochinchinensis*, conocida como "caminadora" o "invasor" cuenta con una alta capacidad competitiva y rápida diseminación, característica relevante que la ha convertido en una maleza importante principalmente en gramíneas cultivadas, como arroz, maíz y caña de azúcar.

En el cultivo de la caña de azúcar esta maleza es considerada como una de las más importantes, debido al alto costo económico de su control y sus efectos negativos sobre la productividad la cual puede reducirse hasta en un 40%. Por otra parte Villegas et al 1994 menciona que debido al desarrollo precoz de esta maleza y la fuerte competencia que ejerce al cultivo las pérdidas en la producción de la caña de azúcar fluctúan entre 35 y 60% para caña planta y un 30 a un 40% para caña soca o retoño.

El control de dicha maleza debe realizarse en forma temprana, antes de que la maleza produzca semillas para reducir su potencial de propagación y así evitar que compita con el cultivo. Para lograr controlar esta maleza se utilizan diversos métodos entre los cuales el mecánico y el químico son buenas alternativas pero se ha comprobado que lo más efectivo es la concentración de ambos métodos para lograr un control más efectivo.

El uso de productos químicos es uno de los métodos de control de esta maleza más utilizado en varios cultivos y en especial en la caña de azúcar, sin embargo al ser este un cultivo extensivo impide el poder controlar oportunamente aquellos campos altamente infectados con *Rottboellia*; por ello el uso conveniente de herbicidas preemergentes para controlar la rápida y alta germinación de las semillas de esta maleza surge como alternativa para poder reducir la presión de la misma y combatirla más eficientemente.

La aplicación de herbicidas en el campo es crítica y más aun para aquellos productos aplicados directamente al suelo ya que son numerosos los factores químicos y físicos que interactúan con los diferentes tipos de productos químicos que componen los herbicidas preemergentes. Además sobre estos influyen la diversidad de especies vegetales y las variaciones climáticas, lo cual hace que los estudios del comportamiento de los herbicidas en el suelo sea muy complejo y diverso.

Si se considera que hay al menos 10 tipos de suelos diferentes así como más de 125 tipos de herbicidas y cientos de plantas involucradas, la complejidad de la interacción herbicida-suelo-clima-planta es muy elevada (Locatelli et al ____).

La efectividad de un herbicida preemergente dependerá de la persistencia de este en el suelo y dicha persistencia estará sujeta a varios factores como son: descomposición microbiana, descomposición química, la adsorción a las partículas del suelo, el contenido de materia orgánica, la lixiviación la cual dependerá de la textura de dicho suelo, la volatilización y la fotodescomposición (Petty et al 1979).

Sin embargo uno de los factores que más regula la persistencia del herbicida en el suelo es la fuerza con la que este es adsorbido o retenido por las partículas del suelo donde fue aplicado. Por lo tanto cuanto más estrechamente ligado se encuentre un herbicida a las partículas del suelo, menor será la cantidad de este en la solución del mismo.

La adsorción es relativamente reversible y dependerá entre otros factores de la estructura molecular del herbicida, del tipo de suelo (arcillas o coloides), del contenido de materia orgánica, la humedad (textura) y pH (Locatelli et al ____).

En Costa Rica debido a variabilidad de materiales parentales en un relieve heterogéneo y sometido a la acción de condiciones climáticas y biológicas particulares, han originado una amplia diversidad de suelos con características particulares, y para facilitar su estudio se han clasificado en diferentes ordenes o familias de las cuales es posible encontrar 9 de los 11 ordenes existentes según la taxonomía de suelos preconizada por el Soil Survey Staff (1990), donde los ordenes Inceptisol y Ultisol son los que más predominan con un 39% y 21% respectivamente (Bertsch 1995).

Ambos suelos son cultivados con caña de azúcar en Costa Rica, además de los suelos Vertisoles 2% y Molisoles con un 1% estos últimos aunque no son significativos sus áreas en el territorio nacional para el cultivo de la caña de azúcar son de suma importancia (Chaves 1994).

Existen muchas formas de clasificar y estudiar los coloides del suelo según su estructura, composición y sus propiedades nutricionales, sin embargo, en vista de que lo que realmente existe en el suelo siempre es una mezcla de todos ellos, lo más conveniente es analizarlos por grupos u ordenes.

En términos generales los coloides que existen en los suelos de los trópicos pueden agruparse en tres sistemas de intercambio iónico como son el Sistema Coloidal de Aluminosilicatos Laminares, en los cuales los coloides son arcillas cristalinas y laminares que solamente tienen carga negativa originada esta por la sustitución isomórfica de los iones de Si y Al y por otros iones de menor valencia, o sea tienen predominantemente carga negativa permanente con muy poca carga variable, producto del contenido de materia orgánica y de los bordes rotos de láminas de caolinita. Sistemas como estos son comunes en los trópicos y predominan coloides como montmorillonita, illita, vermiculita, clorita y son comunes en suelos Vertisoles, Molisoles y suelos de planicies o deltas aluviales.

El sistema coloidal de óxidos son aquellos en los que las partículas coloidales consisten en óxidos de Fe y Al o alofana o aquellos en que los aluminosilicatos laminares están totalmente cubiertos

por revestimiento gruesos y estables de tales óxidos. En los sistemas de óxidos la carga es totalmente dependiente del pH por lo que estos sistemas pueden presentar carga negativa o carga positiva. Los coloides predominantes en estos sistemas son caolinita, alofana, sesquioxido y coloides orgánicos, los ordenes de suelo pertenecientes a este grupo son: Ultisoles, Andisoles y Alfisoles.

El sistema coloidal de aluminosilicatos laminares revestidos por óxidos es un sistema de intercambio iónico intermedio entre los sistemas anteriores, conteniendo cantidades moderadas de óxidos pero no tienen su área superficial completamente cubierta por ellos. En este sistema conviven coloides de los dos grupos anteriores, en algunos casos los revestimientos consisten en capas finas monomoleculares de óxidos Fe y Al en otros casos los óxidos de Al están prensados entre dos látices de silicatos laminares. Las propiedades de intercambio catiónico son intermedias entre los otros dos sistemas. Su CIC es considerablemente más bajo que lo de los aluminosilicatos laminares puros debido a que algunas cargas negativas que surgen por sustitución isomórfica están balanceados por cargas positivas netas de los óxidos.

Los revestimientos de óxidos también evitan la expansión y la construcción de minerales 2:1 combinando de esa manera sus propiedades físicas drásticamente. En este sistema se encuentran los suelos catalogados como Ultisoles, Inceptisoles y Alfisoles.

Los suelos donde se cultiva la caña de azúcar en Costa Rica pertenecen a siete órdenes muy particulares según criterio taxonómico del USDA y los cuales se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1
Ordenes de Suelo Predominantes en el Área Cultivada con Caña de Azúcar en Costa Rica (Chaves 1994)

| Región | Orden Suelo | Tipo Arcilla (Bertsch 1995) |
|----------------------|---|---|
| Guanacaste | Inceptisol Vertisol Molisol Entisoles Alfisoles | Montmorillonita, Vermiculita, Ilita Montmorillonita, Vermiculita, Ilita Montmorillonita, Vermiculita, Ilita Vermiculita, Ilita Montmorillonita, Vermiculita, Ilita, Caolinita, Sesquioxidos |
| Esparza | Inceptisol Alfisoles | Idem Idem |
| Valle Central | Andisol Inceptisol Alfisoles | Alofana Idem Idem |
| San Carlos | Inceptisol Ultisol | Idem Caolinita, Sesquióxidos |
| Turrialba | Ultisol Andisol Inceptisol | Idem Idem Idem |
| Pérez Zeledón | Ultisol Inceptisol | Idem Idem |

Considerando las características de los diferentes ordenes de suelo y la amplia gama de posibilidades de retención e inactivación de los herbicidas en los mismos, surgen una gran diversidad de interrogantes cuando se combinan tantos factores incidentes sobre el desempeño de un herbicida en muy corto tiempo en el suelo. Por tal motivo ante esta y otras interrogantes resultó importante realizar este estudio y conocer el comportamiento de los diferentes herbicidas preemergentes utilizados en la caña de azúcar cultivada en los distintos ordenes de suelo y en las dosis recomendadas.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el efecto de cuatro herbicidas pre-emergentes sobre el control de *Rottboellia cochinchinensis* en cuatro ordenes de suelo dedicado al cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en Costa Rica en condiciones de invernadero.

Objetivos Específicos

Determinar cual o cuales de los herbicidas preemergentes presentan mejor control de *Rottboellia cochinchinensis* en cada orden de suelo.

Comparar las diferencias en el control de *Rottboellia cochinchinensis* de cada herbicida en los diferentes ordenes de suelo.

Evaluar la residualidad de cada herbicida en cada orden de suelo

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en un invernadero de 102 m² ubicado en la Estación Experimental de DIECA (Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar) situada en la localidad de Santa Gertrudis Sur, distrito de San José, cantón de Grecia, provincia de Alajuela. Su altitud es de 1000 msnm y se encuentra a 10° 05' 18 " latitud Norte y 84° 17' 09" longitud oeste, además presenta una precipitación anual de 2900 mm y una temperatura media de 23 °C.

Recolección de los Suelos

Los diferentes suelos fueron recolectados en cada una de las localidades donde es común cada suelo y donde se cultiva la caña de azúcar, para lo cual se utilizó el mapa de Costa Rica de grupos y subgrupos de suelos escala 1: 200 000.

Una vez identificados los sitios de recolección cada suelo fue tomado de los primeros 20 cm de profundidad, luego se limpio y degrado a un tamaño de partículas del suelo apropiado para cada tipo de suelo.

Unidad Experimental

Cada unidad experimental estuvo constituida por una caja plástica de 70 cm de largo, 36 cm de ancho y 25 cm de alto para un área de 0.2552 m². En cada una de estas cajas se depósito una capa de 2 cm de arena para permitir un mejor drenaje y evita la sobresaturación, posteriormente se colocó una capa de suelo de 20 cm de profundidad de cada orden de suelo en cada caja.

Siembra de Semilla

La semilla de *Rottboellia cochinchinensis* fue recolectada del campo un año antes y previo a la siembra se realizaron pruebas de germinación para garantizar su viabilidad.

Para la siembra de la semilla se marcaron puntos equidistantes cada 5 cm en la mitad de cada caja para depositar un total de 42 semillas llamadas primera siembra, y 45 días después se realizó una segunda siembra con igual número de semilla en la otra mitad de la caja denominada segunda siembra, esto con la finalidad de valorar el efecto residual de los herbicidas.

Manejo del Riego

Como el ensayo se realizó en condiciones de invernadero, se utilizó un sistema de riego con microaspersores con el fin de mantener y regular la humedad del suelo y por ende favorecer la germinación de la semilla sembrada y la efectividad de los herbicidas aplicados.

El sistema de riego automatizado permitió tres riegos diarios de 6 minutos proporcionando una humedad adecuada durante todo el estudio.

Diseño Experimental

El diseño experimental que se utilizó en este experimento fue un irrestricto al azar con arreglo factorial 4x5 constituido de cuatro factores referentes a cada orden de suelo y cinco factores constituidos por cuatro herbicidas y un tratamiento testigo.

Cada uno de ellos contó con cuatro repeticiones para un total de 80 unidades experimentales.

Tratamientos

Los herbicidas utilizados tienen la capacidad de controlar la *Rottboellia* en preemergencia, presentar selectividad al cultivo y sus dosis son las recomendadas en el mismo (Cuadro 2).

Cuadro 2
Características de los Herbicidas Preemergentes y Dosis a Utilizar
según Tratamiento

| Nombre Genérico | Tipo | Nombre Comercial | Formulaciones | Dosis/ha |
|-----------------|----------------|------------------|---------------|----------|
| Hexazinona | Triazina | Velpar | 75 WG | 0,75 Kg |
| Pendimentalina | Dinitroanilida | Prowl | 50 EC | 2,5 L |
| Isoxaflutole | Isoxazoles | Merlin | 75 WG | 0,11 Kg |
| Acetoclor | Acetanilida | Harness | 90 EC | 2,5 L |

Aplicación

La aplicación fue realizada con una bomba de espalda prevista de un regulador de presión de 35 libras y una boquilla Tee-Jet 8003 calibrada para una descarga de agua de 700 litros por hectárea.

Para realizar la aplicación de cada tratamiento se colocaron 16 cajas en fila en el suelo, equivalentes a cuatro órdenes de suelo y cuatro repeticiones.

A cada suelo evaluado se le realizó un muestreo para un análisis químico y físico además del contenido de materia orgánica y los resultados se detallan en el Cuadro 3.

Cuadro 3
Resultados del Análisis de los Suelos Utilizados en el Estudio de la Valoración de
Cuatro Herbicidas Preemergentes en Cuatro Ordenes de Suelo

| Orden Suelo | Cmol (+)/l | | | | | mg/l | | | | | % | % | % | Textura | % | CICE cmol |
|-------------|------------|-----|------|-----|-----|------|-----|----|----|-----|-------|---------|------|---------|-----|--------------|
| | pH | Al | Ca | Mg | K | P | Zn | Mn | Cu | Fe | Arena | Arcilla | Limo | | MO | |
| Vertisol | 6,5 | 0,2 | 24,1 | 7,2 | 0,3 | 22,0 | 0,9 | 6 | 4 | 17 | 28 | 46 | 26 | A | 4,5 | 40,62 |
| Molisol | 5,7 | 0,2 | 5,3 | 1,6 | 1,3 | 4,0 | 1,4 | 6 | 4 | 124 | 30 | 16 | 54 | FL | 4,6 | 10,83 |
| Inceptisol | 6,8 | 0,1 | 13,4 | 4,5 | 1,3 | 4,0 | 0,9 | 6 | 6 | 63 | 56 | 16 | 28 | Fa | 4,4 | 21,58 |
| Ultisol | 4,8 | 1,3 | 1,2 | 0,6 | 0,1 | 4,0 | 0,4 | 5 | 2 | 162 | 42 | 32 | 26 | Faa | 2,4 | 3,44 |

Variables a Evaluar y Evaluaciones

Se evaluaron dos variables tanto en la primera siembra como en la segunda siembra. Se realizaron evaluaciones cada 15 días a lo largo del período del estudio (90 días) posterior a la aplicación de los herbicidas o la siembra como ocurrió en la segunda etapa.

Porcentaje de Plantas Germinadas

Se considero como un 100% de germinación las plantas germinadas en cada testigo en virtud de que no todas las semillas iban a germinar por diversos factores para obtener el porcentaje de plantas germinadas en cada tratamiento se aplicó la siguiente ecuación.

$$\frac{\text{N}^{\circ} \text{ Plantas Tratamiento}}{\text{N}^{\circ} \text{ Plantas Testigo}} \times 100$$

Porcentaje de Control

Para determinar esta variable se utilizó la siguiente ecuación.

$$\frac{\text{N}^{\circ} \text{ Plantas Testigo} - \text{N}^{\circ} \text{ Plantas Tratamiento}}{\text{N}^{\circ} \text{ Plantas Testigo}} \times 100$$

Análisis Estadístico

La información obtenida en cada una de las evaluaciones y variables se le realizó una transformación de $\log_{10}(x+1)$ con el fin de cumplir con el principio de normalidad, seguidamente se le realizó el análisis de varianza (ANDEVA). Debido a que la interacción de éstas fue significativa, se procedió a codificar las variables para posteriormente realizar una prueba de Medias (Tukey 5%).

Como el deterioro de la *Rottboellia* en algunos tratamientos es progresivo y a pesar de disponer de los resultados de las diferentes evaluaciones se seleccionaron para su discusión el resultado obtenido a los 75 días post aplicación en la primera siembra y 45 días post siembra en la segunda siembra con el fin de evaluar la residualidad de los productos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según el análisis de varianza realizado a la variable porcentaje de plantas germinadas en todas las evaluaciones consecutivas (Cuadro 4) se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre los distintos ordenes de suelo, entre los herbicidas aplicados y en la interacción suelo-herbicida.

En la segunda siembra y en esta misma variable hubo significancia en la interacción entre el orden de suelo y el tipo de herbicida en las evaluaciones realizadas a los 30 y 45 días después de dicha siembra.

Como se mencionó anteriormente para su análisis los valores fueron transformados $\log_{10}(x+1)$ y se aplicó la prueba de medias Tukey al 5% a la interacción suelo-herbicida.

Cuadro 4
Resultado del Análisis de Varianza de las Variables en Estudio Valores Transformados LOG X + 1

| Fuente Variación | GL | Cuadrados medios | | | | | | | | | |
|--------------------------|----|-------------------------------|------|---------|------|---------|------|------------|------|------------|------|
| | | Porcentaje Plantas Germinadas | | | | | | | | | |
| | | 45 Días | P(f) | 60 Días | P(f) | 75 Días | P(f) | 30 Días SS | P(f) | 45 Días SS | P(f) |
| Orden Suelo | 3 | 0,7 | 0 | 0,66 | 0 | 0,7 | 0 | 0,11 | 0,08 | 0,21 | 0,04 |
| Herbicida | 4 | 10,74 | 0 | 10,72 | 0 | 9,71 | 0 | 0,41 | 0 | 0,46 | 0 |
| Orden x Herbicida | 12 | 0,35 | 0 | 0,33 | 0 | 0,36 | 0 | 0,12 | 0,02 | 0,16 | 0,01 |
| Error | 60 | 0,09 | | 0,09 | | 0,12 | | 0,05 | | 0,07 | |
| Total | 79 | 54,88 | | 54,01 | | 52,78 | | 6,34 | | 8,57 | |
| CV % | | 28,19 | | 27,12 | | 32,17 | | 11,77 | | 14 | |

SS= Segunda Siembra

Para facilitar el análisis de los resultados se evaluó el comportamiento de los diferentes herbicidas en cada orden de suelo y finalmente el comportamiento de cada herbicida en los diferentes ordenes de suelo.

Suelo Inceptisol

Al analizar el porcentaje de plantas de *Rottboellia* germinadas en los diferentes tratamientos de herbicida aplicados en este suelo respecto al Testigo sin aplicación, es posible observar en la evaluación realizada a los 75 días (Cuadro 5 y Figura 1) que los herbicidas Pendimetalina y Hexazinona no presentaron plantas germinadas en virtud de un excelente control de esta maleza. Estos valores marcaron diferencias significativas respecto al tratamiento Testigo según la prueba de medias (Tukey al 5%). El herbicida Acetoclor permitió la germinación de un 23,43% lo que significo un porcentaje de control de un 76,57%, seguido por el herbicida Isoxaflutole el cual logró controlar la maleza con un 51,13% como se observa en el Cuadro 5.

A los 45 días después de realizada la segunda siembra de la maleza en los diferentes tratamientos se encontró que este suelo no presentó diferencias estadísticas significativas entre los herbicidas aplicados y el Testigo en el porcentaje de plantas germinadas (Cuadro 6), sin embargo el herbicida Hexazinona logró mantener después de 90 días de aplicado un 38,26% de control al germinar un 61,74% de plantas de *Rottboellia* (Figura 2).

Cuadro 5
Resultado de la Evaluación 75 Días Después de la Aplicación de los Herbicidas

| Orden Suelo | Herbicidas | % Plantas Germinadas | | % Control |
|-------------|---------------|----------------------|------|-----------|
| | | | | |
| Inceptisol | Acetoclor | 23,43 | Aab | 76,57 |
| | Pendimetalina | 0 | Ab | 100 |
| | Isoxaflutole | 48,87 | Aab | 51,13 |
| | Hexazinona | 0 | Bb | 100 |
| | Testigo | 100 | Aa | 0 |
| Vertisol | Acetoclor | 19,31 | Aab | 80,69 |
| | Pendimetalina | 2,08 | Ab | 97,92 |
| | Isoxaflutole | 54,59 | Aab | 45,41 |
| | Hexazinona | 25 | ABab | 75 |
| | Testigo | 100 | Aa | 0 |
| Molisol | Acetoclor | 26,51 | Aab | 73,49 |
| | Pendimetalina | 0 | Ab | 100 |
| | Isoxaflutole | 65,97 | Aab | 34,03 |
| | Hexazinona | 31,68 | Aab | 68,32 |
| | Testigo | 100 | Aa | 0 |
| Ultisol | Acetoclor | 5,03 | Abc | 94,97 |
| | Pendimetalina | 0,72 | Ac | 99,29 |
| | Isoxaflutole | 31,18 | Aab | 68,83 |
| | Hexazinona | 1,14 | ABbc | 98,86 |
| | Testigo | 100 | Aa | 0 |

Valores con Igual Letra No son Significativos Según Tukey 5 %

Letras Mayúsculas Agrupan en el Sentido del Primer Factor y las Minúsculas en el Sentido del Segundo Factor

Cuadro 6
Resultado de la Evaluación 45 Días Después de la Segunda Siembra y 90 días
Después de la Aplicación

| Orden Suelo | Herbicidas | % Plantas Germinadas | | % Control |
|-------------------|----------------|----------------------|-----|-----------|
| Inceptisol | Acetoclor | 86,47 | Aa | 13,54 |
| | Pendimentalina | 89,02 | Aa | 10,99 |
| | Isoxaflutole | 75,51 | Aa | 24,5 |
| | Hexazinona | 61,74 | Aa | 38,26 |
| | Testigo | 100 | Aa | 0 |
| Vertisol | Acetoclor | 93,96 | Aa | 7,29 |
| | Pendimentalina | 79,85 | Aa | 20,15 |
| | Isoxaflutole | 98,96 | Aa | 1,04 |
| | Hexazinona | 68,6 | Aa | 31,4 |
| | Testigo | 100 | Aa | 0 |
| Molisol | Acetoclor | 87,71 | Aa | 12,29 |
| | Pendimentalina | 77,69 | Aa | 22,3 |
| | Isoxaflutole | 100 | Aa | 0 |
| | Hexazinona | 68,02 | Aa | 31,98 |
| | Testigo | 100 | Aa | 0 |
| Ultisol | Acetoclor | 92,49 | Aab | 7,51 |
| | Pendimentalina | 64,2 | Aab | 35,81 |
| | Isoxaflutole | 96,88 | Aab | 3,13 |
| | Hexazinona | 35,58 | Ab | 64,42 |
| | Testigo | 100 | Aa | 0 |

El herbicida Isoxaflutole por su parte permitió la germinación de un 75,51% lo que representó un 24,5% de control seguido por Acetoclor con un 13,54% y Pendimentalina con un 10,99% al permitir la germinación de un 89,02% y un 86,47% respectivamente.

Con estos resultados es posible asegurar que la Pendimentalina a pesar de haber ejercido una buena acción preemergente sobre la primera siembra de semillas de Rottboellia, su residualidad en este suelo desciende en forma significativa al disminuir el porcentaje de control de un 100% a un 11%, 90 días después de aplicado dicho producto.

Bajo esta misma condición la Hexazinona presento la mayor residualidad de todos los herbicidas al disminuir esta en un 61,7% en el mismo término de tiempo.

El herbicida Acetoclor también perdió más rápidamente su residualidad en este suelo respecto al herbicida Isoxaflutole al disminuir este el porcentaje de control de 76,57% a los 75 días a un 13,54% de control a los 90 días posteriores a su aplicación.

Las características intrínsecas de este suelo como alta capacidad de intercambio catiónico, arcillas tipo 2:1 posiblemente favoreció la fijación de las anilidas y con un menor efecto sobre los Triazinas como sucedió con la Hexazinona.

Suelo Vertisol

En este suelo la Pendimetalina presentó a los 75 días el menor porcentaje de plantas con 2,08% para un 97,92% de control como se observa en el Cuadro 5 seguido por Acetoclor con un 80,69% de control, por Hexazinona con un 75% de control y finalmente Isoxaflutole con un 54,59% de plantas germinadas y un 45,41% de control (Figura 1).

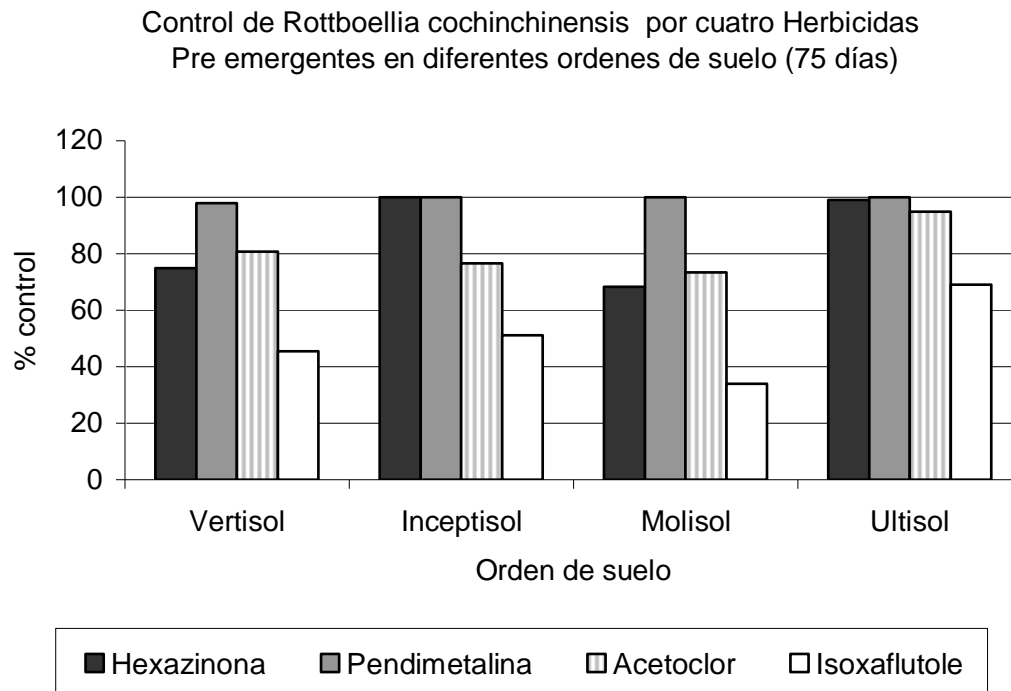
Estadísticamente Acetoclor, Hexazinona e Isoxaflutole no presentaron diferencias estadísticas con el tratamiento Testigo según Tukey al 5%.

En la segunda siembra nuevamente el herbicida Hexazinona mantuvo el mayor porcentaje de control con un 31,4% seguido por la Pendimetalina con un 20,15%, el cual presentó de nuevo una mayor residualidad al igual que en el suelo Inceptisol. En este suelo la Pendimetalina parece mejorar la residualidad ya que duplicó el control de la maleza (Figura 2).

Por el contrario en este suelo el Acetoclor e Isoxaflutole disminuyeron su residualidad al proporcionar un 7,29% y un 1% de control respectivamente.

Los suelos Vertisoles presentan características similares a los suelos Inceptisoles como son el tipo de arcilla 2:1 de alta fijación de nutrientes y plaguicidas (Petty et al 1979).

Figura 1



Suelo Molisol

En este suelo 75 días después de la aplicación la Pendimentalina presentó el mayor control de *Rottboellia* con un 100%, (Cuadro 5), valor suficiente para presentar diferencias estadísticas significativas respecto al Testigo. Por su parte el herbicida Hexazinona redujo significativamente el control ejercido en otros suelos al presentar un 68,32% superado por Acetoclor el cual presentó un 73,49% de control. El herbicida Isoxaflutole presentó el menor control con un 34,03%.

El resultado obtenido en la evaluación realizada en la segunda siembra (Cuadro 6) indicó que aunque la Hexazinona no fue muy eficiente en el control de las plantas en la primera siembra, en la segunda siembra realizadas 45 días después de la aplicación presentó el mayor control con un 31,98%, este resultado revela que posiblemente este herbicida es fuertemente fijado en este suelo después de su aplicación situación que no permite un mayor control de la maleza, posteriormente y al no ser inactivado este herbicida es liberado gradualmente permitiendo un efecto residual más prolongado que los otros herbicidas (Figura 2).

La Pendimentalina presentó en segundo lugar el mayor control con un 22,3% seguido por Acetoclor con un 12,29%, finalizando con Isoxaflutole el cual prácticamente no logró controlar las malezas en este suelo por su baja residualidad.

La alta permeabilidad de los suelos Molisoles y posiblemente la baja retención que sufren algunos herbicidas, aumentó la lixiviación del ingrediente activo ocasionando una reducida capacidad de control.

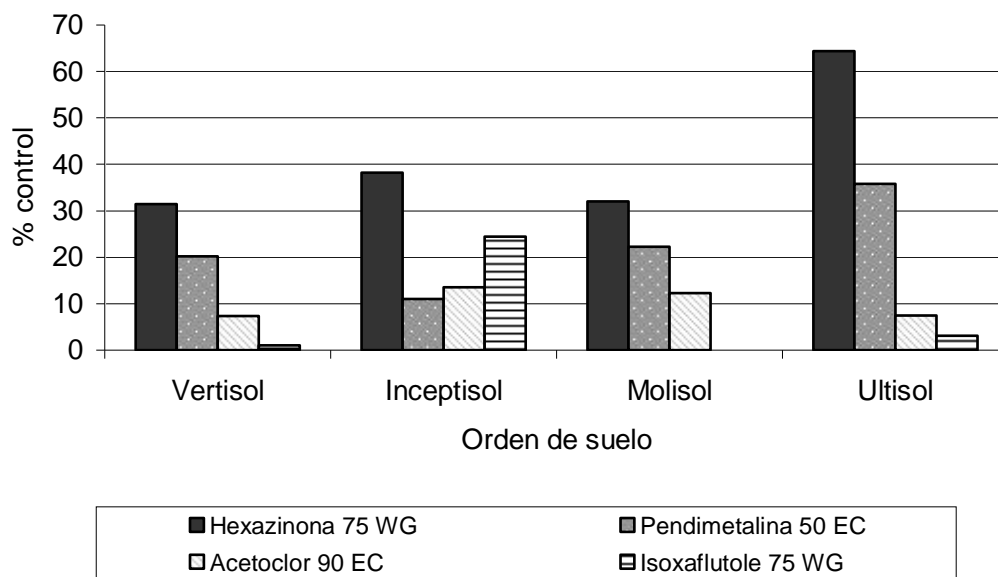
Suelo Ultisol

En este suelo los diferentes herbicidas aplicados ofrecieron un buen control 75 días después de la aplicación iniciando con la Pendimentalina con un 99,29% de control, seguido por Hexazinona con un 98,86% y Acetoclor con un 94,97%, y los mismos con diferencias significativas respecto al Testigo pero no entre si según Tukey 5% (Cuadro 5). El Isoxaflutole fue el herbicida que presentó el mayor porcentaje de germinación 31,18% para un 68,83% de control.

Según los resultados obtenidos en la segunda siembra la Hexazinona mantuvo el mayor control con un 64,42% seguido por Pendimentalina con un 35,81% valores coincidiendo con el control ejercido en la primera siembra, contrariamente los herbicidas Acetoclor e Isoxaflutole cayeron en forma significativa en su poder residual como se observa en el Cuadro 6 y Figura 2.

Figura 2

Control de *Rottboellia cochinchinensis* por cuatro Herbicidas Pre emergentes en diferentes ordenes de suelo 45 días post siembra y 90 días post aplicación



Acetoclor

Este herbicida presentó el mayor control de la maleza en el suelo Ultisol con un 94,97% a los 75 días de aplicado, seguido por un 80,69% en el suelo Vertisol, valores que contrastan respecto a las características de los suelos mencionados. En los suelos Inceptisol y en el Molisol presentó valores similares con un 76,57% y 73,49% respectivamente.

En la segunda siembra este herbicida presentó un menor control en los suelos Ultisol y Vertisol con un 7,51% y 7,29% respectivamente, al parecer el buen control inicial obtenido en estos suelos limita su poder residual a largo plazo y contrariamente el resultado obtenido en los suelos Inceptisol y Molisol permite un control a largo plazo como se observa en el Cuadro 6 con un 13,54% y un 12,29% respectivamente.

Pendimentalina

Este herbicida presentó un relevante control en todos los suelos de las semillas plantadas en la primera siembra y valoradas a los 75 días de su aplicación como se observa en el Cuadro 5 al presentar entre un 97 y 100% del control de la maleza en este periodo.

En la segunda siembra este herbicida redujo su control a un 10,99% en el suelo Inceptisol, y a un 20,15 en Suelo Vertisol, un 22,3% en el Molisol y a un 35,81% en el suelo Ultisol. Sin embargo este herbicida presentó la mayor residualidad en casi todos los suelos, superado únicamente por la Hexazinona.

Isoxaflutole

Este herbicida presentó valores medios de control en todos los órdenes de suelo mejorando el mismo en el suelo Ultisol con un 68,83% y el valor menor en el suelo Molisol con un 34,03%. En la segunda siembra este herbicida ejerció el mayor control en el suelo Inceptisol con un 24,5% y en los otros suelos su poder residual se vio reducido drásticamente.

Hexazinona

Al comparar el comportamiento de este herbicida en los diferentes ordenes de suelo es posible asegurar que el control ejercido por este fue satisfactorio al igual que en la Pendimentalina y que el mismo se vio reducido únicamente en el suelo Molisol a un 68,32% contrario a lo obtenido en los otros suelos donde el control fue de 95 a un 100%. En términos generales en el suelo Molisol fue donde mayoritariamente todos los herbicidas redujeron su poder de control.

En la segunda siembra (Cuadro 6 y Figura 2) este herbicida presentó un control bastante aceptable respecto a los demás herbicidas el cual fue de un 31 a un 38% en los suelos Inceptisol, Vertisol y Molisol, presentando en el suelo Ultisol el doble del control con un 64,42%. Con estos resultados el herbicida con mayor control en los suelos Ultisoles pareciera ser la Hexazinona.

CONCLUSIONES

Existen diferencias en el comportamiento de los herbicidas evaluados en las diferentes órdenes de suelo.

El herbicida que mejor controló la maleza *Rottboellia* en todos los ordenes de suelo fue Pendimentalina sin embargo su residualidad después de 45 días se redujo significativamente en el suelo Inceptisol.

La hexazinona controló eficientemente la maleza en los suelos Inceptisol y Ultisol pero se redujo su capacidad en los suelos Vertisol y Molisol. Con este comportamiento no es posible afirmar que dicho herbicida fue parcialmente adsorbido en los suelos Vertisol y Molisol por las arcillas montmorillonitas presente en estos suelos sin embargo el suelo Inceptisol dispone de este tipo de arcilla y aparentemente no hubo adsorción del herbicida por lo que no es posible asegurar la total participación de los coloides en este comportamiento.

Los suelos Inceptisol y Ultisol contenían mayores contenidos de arena y menores contenidos de arcilla y limo lo que podría haber evitado una mayor retención del plaguicida al estar expuesto a una menor área de contacto.

La Hexazinona fue el herbicida que presentó mayor residualidad en todos los ordenes de suelo 90 días después de la aplicación.

El herbicida Acetoclor no controló eficientemente la maleza *Rottboellia* en los ordenes estudiados excepto en el suelo Ultisol y superó en residualidad al herbicida Isoxaflutole.

La residualidad del herbicida Isoxaflutole fue la más baja en los ordenes Ultisol, Vertisol y Molisol y una de las más altas en el suelo Inceptisol.

El suelo Ultisol fue donde mejor control de la maleza hubo y donde la Hexazinona y Pendimetalina presentaron la mayor residualidad.

Con los resultados obtenidos resulta difícil generalizar para todos los herbicidas la causa probable de su buen o mal accionar en los diferentes ordenes de suelo. Señalar si el pH del suelo, la carga iónica del herbicida, el contenido de arcilla o de materia orgánica y el tipo de arcilla como la causa probable de su adsorción.

Más que buscar las posibles causas, lo importante de este estudio es conocer el accionar del herbicida y dependiendo el orden de suelo en el que se cultive la caña recomendar el mejor herbicida que ofrezca el mejor control de esta perniciosa maleza.

RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos en este estudio se recomienda lo siguiente:

El herbicida Pendimetalina 50 EC se recomienda en la dosis 2,5 L/ha en los ordenes Vertisol, Inceptisol, Molisol y Ultisol.

El herbicida Hexazinona 75 WG se recomienda su aplicación en los suelos Inceptisol, Molisol y Ultisol en la dosis de 0,75 Kg/ha.

El herbicida Acetoclor 90 EC en la dosis de 2,5 L/ha se recomienda su uso en los suelos Ultisoles.

Se recomienda realizar un trabajo similar a este y evaluando dosis crecientes de aquellos herbicidas que no lograron un 100% de control.

LITERATURA CITADA

- 1) Alfaro. P, R; Rodríguez R, M; Bolaños. P, J. 2001. Evaluación de 11 Mezclas de Herbicidas para el Control de *Rottboellia cochinchinensis* y Otras Malezas en Hda. Tempisque S.A. Liberia Guanacaste. LAICA-DIECA. Mayo 15 p.
- 2) Barrios. P, J. 1997. Control de *Rottboellia cochinchinensis* "Caminadora" en Caña Soca con Pendimetalina. Guatemala. Memoria 11 avo. Congreso de ATACORI. Tomo II. Condovac. Guanacaste.

- 3) Bertsch, F. 1995. La Fertilidad de los Suelos y su Manejo. San José. Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 1 era ed. pag. 52-53.
- 4) Bowen, E. J. Kratky, A. B. 1998. Herbicidas Químicos ¿ Armas de Doble Filo ?. Revista Agricultura de las Américas. Setiembre-Octubre 1998.
- 5) Cassa. 2001. Manejo Integrado de la Caminadora *Rottboellia cochinchinensis* "Dirección Agroind. Ingenio Central Izalco. El Salvador. Boletín Técnico. Julio-Agosto No. 3. 23 pag.
- 6) Chaves, S. M.A; Alvarado, H. A. 1994. Manejo de la Fertilización en Plantaciones de Caña de Azúcar (*Saccharum spp*) en Andisoles de Ladera de Costa Rica. San José. Costa Rica. DIECA. Julio. 41 p.
- 7) León, R; Agüero, R. 2001. Efecto de la Profundidad del Suelo en *Rottboellia cochinchinensis* (LOUR) Clayton en Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum L.*) Agronomía Mesoamericana 12. (1). pag. 65-69.
- 8) Locatelli, E. Myron, S._____ Residuos de Herbicidas en el Suelo. Principios Básicos sobre el Manejo de Malezas. Departamento de Protección Vegetal. Escuela Agrícola Zamorano Honduras. pag ____.
- 9) Petty, A. Nuñez, R. 1979. Guía Práctica para el Manejo de Malezas. Colegio Zamorano. San Pedro de Sula. Honduras. 220 p.
- 10) Vargas. A.J. 1996. Alternativas de Control de *Rottboellia cochinchinensis* en Plantaciones de Caña de Azúcar Ciclo Planta y Soca, San Carlos, Costa Rica. Memoria X Congreso Agronómico Nacional V1. San José, Costa Rica. EUNA. pag 440.
- 11) Villegas. T.F; Torres. S, J. 1994. Evaluación de Herbicidas para el Control de Caminadora. Rev. Sugar Journal. Vol. 96. No 1143. pag 113.