

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA
"Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero
Agrónomo"

**Respuestas del maíz IMI frente a la aplicación de
Imidazolinonas en pre-emergencia, cuando la semilla ha sido
tratada con un organofosforado.**

Bertón Castro, Ramón José Orlando
29.625.413

Director: Ing. Agr. Edgardo J. Zorza
Co-Director: Ing. Agr. Fernando Daita

Río Cuarto - Córdoba
Septiembre de 2007

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del trabajo Final: Respuestas del maíz IMI frente a la aplicación de Imidazolinonas en pre-emergencia, cuando la semilla ha sido tratada con un organofosforado.

Autor: Bertón Castro, Ramón José Orlando
DNI: 29.625.413

Director: Ing. Agr. Edgardo J. Zorza
Co-Director: Ing. Agr. Fernando Daita

**Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del
Jurado Evaluador:**

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

INDICE

	Página
Resumen	V
Summary	VI
1 – INTRODUCCIÓN	
1.1. Antecedentes	1
1.2. Hipótesis	4
1.3. Objetivo general	4
2 – MATERIALES Y MÉTODOS	
2.1. Ubicación	5
2.2. Caracterización edafoclimática de la zona	5
2.3. Diseño experimental	5
2.4. Barbecho químico	6
2.5. Tratamiento de la semilla	6
2.6. Siembra y fertilización	6
2.7. Aplicación de los herbicidas	6
2.8. Riego	7
2.9. Variables	7
2.10. Análisis estadístico	8
3 - RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
3.1. Plantas establecidas	10
3.2. Altura de la planta en floración	10
3.3. Componentes del rendimiento	11
3.4. Rendimiento	12
3.4. Discusión final	13
4 – CONCLUSIONES	16
5 – BIBLIOGRAFÍA	17

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Efecto del factor insecticida sobre el número de plantas de maíz por ha, presentes a los 30 días de la siembra.	10
Figura 2: Efecto del factor insecticida sobre la altura de la planta de maíz en floración.	10
Figura 3: Efecto del factor insecticida sobre el número de plantas de maíz en el momento de cosecha.	11
Figura 4: Rendimiento en grano del cultivo de maíz en respuesta al factor insecticida.	12

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1: Significancia estadística (valor p) del efecto de los distintos factores sobre las variables analizadas.	9

RESUMEN

El estudio fue realizado en el campo experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto, situado sobre ruta nacional 36 km 601. El objetivo del trabajo fue evaluar si el Clorpirifos aplicado a la semilla, afecta el número de plantas establecidas, la altura y el rendimiento en grano del cultivo de maíz IMI tratado con Imidazolinonas en preemergencia. Los genotipos utilizados fueron Dekalb 682 MG CL, Morgan 534 CL y Pioner 32 K 67; parte de la semilla fue tratada con Clorpirifos y el resto con Teflutrina (testigo). Se evaluaron dos Imidazolinonas, Onduty (Imazapic 52,5% + Imazapir 17,5%) y Lightning (Imazetapir 52,5% + Imazapir 17,5%), quedando definido un arreglo factorial 3x2x2. El diseño experimental fue de parcela dividida en franjas, con cuatro repeticiones. Los valores obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza y los promedios fueron comparados mediante el test de Duncan ($\alpha = 0,05$). El Clorpirifos redujo el número de plantas establecidas, la altura de la planta y el rendimiento en grano; independientemente del híbrido utilizado y de la Imidazolinona aplicada. El número de plantas a cosecha fue el único componente del rendimiento afectado.

Palabras clave: Maíz, Interacción, Organofosforados, Imidazolinonas.

SUMMARY

This study was carried out in the experimental field of the National University of Río Cuarto, located on Route 36 km 601. The aim of study was to evaluate if Clorpirifos which is applied to seed, affect the number of established plants, their heights and the yield of the established maize IMI crop plants treated with Imidazolinona in pre-planting. The genotypes used were Dekalb 682 MG CL, Morgan 534 CL and Pioneer 32 K 67. Part of the seed was treated with Clorpirifos and the rest with Teflutrina (control group). Two Imidazolinonas were assessed: Onduty (Imazapic 52,5% + Imazapir 17,5%) and Lightning (Imazetapir 52,5%+ Imazapir 17,5%), with a defined factorial arrangement 3x2x2. The experimental design was a split-strip plot with four repetitions. A variance analysis was carried out on the obtained data and the averages were compared using the Duncan test ($\alpha = 0,05$). Clorpirifos reduced the number of established plants, their height and crop yield, independently of the hybrid used and the Imidazolinona applied. The number of plants at harvest was the only yield component affected.

Keywords: maize - interaction - organophosphate - Imidazolinonas

1 - INTRODUCCIÓN

1. 1. Antecedentes

Existen diversas plantas, herbívoros y patógenos que conviven con los cultivos, estos organismos se consideran malezas, plagas y enfermedades respectivamente, cuando su interferencia con el cultivo provoca una merma en el rendimiento o en la calidad comercial del producto final (De la Fuente y Benech Arnold, 2003).

El tratamiento de la semilla es una práctica muy importante, permite controlar las plagas y prevenir las enfermedades que provengan del suelo en el que se deposita la misma, siendo además, el primer paso para obtener un buen stand de plantas en el cultivo que vamos a implantar (Mantecón, 2000; Rufino, 2004).

El Clorpirifos es el insecticida organofosforado más utilizado en el tratamiento de la semilla (Redcra, 2004). Utilizado como curasemilla actúa fundamentalmente por inhalación e ingestión, formando una nube gaseosa alrededor de la semilla que constituye una barrera para el ingreso de la plaga, su actividad por contacto es insignificante en esta forma de aplicación (Barberá, 1989; Casafe, 2001).

Las malezas, por su parte, pueden afectar al cultivo en forma directa, liberando al medio sustancias que reducen el crecimiento de los cultivos y explotando los recursos que podrían estar disponibles para el cultivo durante su ciclo de crecimiento. En forma indirecta, dificultan la preparación de la cama de siembra, contaminan el producto cosechado, disminuyen la calidad comercial, dificultan las labores de cosecha y aumentan el riesgo de plagas y enfermedades, además de actuar como hospedante de las mismas. Cualquiera de estos efectos resulta, directa o indirectamente, en la disminución del rendimiento del cultivo, su calidad o resultado económico (Guglielmini *et al.*, 2003).

El desarrollo y la selección de híbridos de maíz tolerantes a herbicidas, que son letales para el maíz tradicional, brinda a la agricultura beneficios ligados a un mayor rendimiento potencial y a un menor impacto ambiental por el uso de agroquímicos. Los mayores rendimientos se deben básicamente a un mejor control de malezas y a la posibilidad de sembrar maíz en lotes infestados con malezas de difícil control con la tecnología disponible hasta el presente. El menor impacto ambiental está dado por el hecho de que los herbicidas para los cuales se busca y desarrolla tolerancia son de dosis mínima de aplicación, lo que disminuye drásticamente la contaminación de napas de agua subterránea, o bien son degradados por los microorganismos del suelo luego de la aplicación (Nidera 2004, citado por Agroconnection 2004).

Los herbicidas se pueden clasificar según el proceso metabólico involucrado en su acción fitotóxica (Vitta, 2004).

Los herbicidas que inhiben la síntesis de aminoácidos actúan a nivel de enzimas específicas involucradas en dicha síntesis. En los vegetales, cada aminoácido debe sintetizarse a partir de intermediarios bioquímicos, a diferencia de lo que ocurre en animales, donde éstos son aportados por el alimento (Tuesca y Nisensohn, 2004).

Una de las enzimas afectadas por estos herbicidas es la acetolactato sintasa (ALS), encargada de catalizar la síntesis de aminoácidos de cadena ramificada como valina, leucina e isoleucina. Esta enzima interviene catalizando dos reacciones en forma paralela: a) la condensación de dos moléculas de piruvato para formar acetolactato cuyo producto final es valina y leucina y b) la condensación de una molécula de piruvato y una de 2- α cetobutirato para formar acetohidroxi-butirato cuyo producto final es isoleucina. La enzima se encuentra en los cloroplastos de los tejidos verdes y en plástidos en otros tejidos. Es muy activa y más sensible a la inhibición en zonas de tejido meristemático. Los herbicidas producen la inhibición irreversible de la acetolactato sintasa impidiendo la síntesis de los aminoácidos antes citados y así ya no se sintetizan proteínas, interrumpiéndose por lo tanto el crecimiento de la planta. Estos herbicidas muestran una elevada actividad a dosis muy bajas (Tuesca y Nisensohn, 2004).

Dentro de los inhibidores de la acetolactato sintasa se diferencian tres grupos con estructuras químicas diferentes: Imidazolinonas, Sulfonilureas y Triazolopirimidinas (Tuesca y Nisensohn, 2004).

El grupo de las Imidazolinonas está compuesto por herbicidas sistémicos, y en su mayoría selectivos, activos tanto para especies monocotiledóneas como dicotiledóneas en aplicación pre-emergente o post-emergente temprana (López y Papa, 1989; Basf Argentina, 2004a y b). En aplicaciones en preemergencia, las malezas sensibles pueden germinar y emerger, pero su crecimiento cesa en estado de cotiledones en especies dicotiledóneas o en estado de dos hojas en especies gramíneas; es típica la necrosis en los meristemas apicales y la detención del crecimiento. En aplicaciones en postemergencia las malezas sensibles cesan de crecer poco después del tratamiento, si bien la muerte sobreviene bastante más tarde, de cuatro a ocho semanas después; es típico en gramíneas la formación de una coloración púrpura en el nervio central que luego se extiende por la hoja (García Torres y Fernández Quintanilla, 1991). La selectividad de las Imidazolinonas se debe a la degradación diferencial del herbicida, siendo más rápida la descomposición metabólica en el cultivo que en la maleza (Tuesca y Nisensohn, 2004).

El maíz tolerante a Imidazolinonas (conocido comercialmente como maíz Clearfield) presenta una enzima modificada que no es reconocida por el herbicida, el cual es inocuo dentro de la planta de maíz. Estos materiales no son transgénicos sino que responden a mutaciones inducidas por aplicación de dosis crecientes de herbicidas (American Cyanamid Company 2003, citado por Agroconnection 2004).

Existen situaciones en las cuales un cultivo es dañado por un herbicida al cual normalmente tolera, debido a que la planta no tuvo la capacidad suficiente para metabolizarlo y degradarlo. Esto puede deberse a diferentes causas, como el momento inadecuado de aplicación, condiciones ambientales desfavorables, errores operativos y la adición de adyuvantes o nutrientes al caldo que contiene el herbicida (Vitta, 2004). También puede estar asociado al empleo de mezclas antagónicas, como por ejemplo la mezcla de sulfonilureas e insecticidas organofosforados; en estos casos el insecticida afecta negativamente la capacidad del cultivo para metabolizar el herbicida y como resultado de esto se manifiestan síntomas de fitotoxicidad (Hager & McGlamery, 1997; Papa y Massaro, 1999).

En la literatura existen diversos trabajos científicos que señalan la interacción negativa entre los herbicidas inhibidores de la ALS e insecticidas organofosforados utilizados en el cultivo de maíz (Penckowski *et al.*, 2004).

Papa y Massaro (1999), obtuvieron que la aplicación conjunta con mezcla de tanque de Nicosulfurón y Clorpirifos resultó fitotóxica para el cultivo de maíz, afectando negativamente la altura de la planta, el número de espigas por hectárea y el rendimiento en grano; mientras que, el uso diferido del herbicida o del insecticida hasta dos días después de la aplicación del primero, sólo afectó la altura de la planta.

Penckowski *et al.* (2004), evaluaron la interacción entre el Clorpirifos aplicado en bandas en el momento de la siembra y el herbicida Onduty (Imidazolinonas) aplicado en V5; observaron una clorosis luego de la aplicación del herbicida, la cual se fue atenuando hasta desaparecer a los 30 días posteriores a la aplicación del herbicida; no obtuvieron diferencias en el rendimiento, ni en el peso individual de los granos.

Nicolai *et al.* (2006), aplicaron en postemergencia (15 días después de la emergencia) mezclados en el tanque Nicosulfurón y Clorpirifos. A causa de esto, observaron una clorosis próxima a las vainas y una reducción en la altura de la planta. Luego de la aplicación, el cultivo se fue recuperando gradualmente de la intoxicación hasta desaparecer casi por completo los síntomas, a los 28 días de la misma. A pesar de la reducción en la selectividad del cultivo de maíz a causa de la adición del insecticida al caldo que contiene el herbicida, no se vio afectada la altura de la planta en floración, el rendimiento, ni el peso de los 1000 granos.

El Terbufós (organofosforado) aplicado junto a la semilla para el control de gusanos de suelo, inhibe en la planta de maíz la enzima citocromo P450, responsable de la metabolización del Primisulfuron. La planta ve disminuida su capacidad para metabolizar el herbicida y con ello sufre una lesión por intoxicación con el mismo (Plant and Soil Sciences, 2006).

Basf Argentina (2004a y b), recomienda no utilizar insecticidas organofosforados en tratamientos de semilla, ni en mezcla de tanque o en aplicaciones al suelo con Lightning o Onduty.

El denominador común de los trabajos consultados, es el efecto fitotóxico de los insecticidas organofosforados asociados con algún herbicida inhibidor de la ALS. Los efectos fitotóxicos observados por los autores citados, son diversos y muy dependientes de las condiciones bajo las cuales se llevaron a cabo los ensayos. A nivel regional, no existen experiencias que documenten los efectos producidos; es por ello que en este trabajo, por medio de variables cuantitativas, se pretende evaluar la respuesta de cultivo de maíz frente a la asociación del Clorpirifos y las Imidazolinonas.

1. 2. Hipótesis

El tratamiento de la semilla con Clorpirifos, produce fitotoxicidad en maíces IMI tratados en preemergencia con Imidazolinonas.

1. 3. Objetivo general

Evaluar experimentalmente si el Clorpirifos aplicado a la semilla, afecta el número de plantas establecidas, la altura y el rendimiento en grano del cultivo de maíz IMI tratado con Imidazolinonas en preemergencia.

2 - MATERIALES Y MÉTODOS

2. 1. Ubicación

Este trabajo se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto, ubicado sobre ruta nacional 36 km. 601 (33° 07' latitud Sur, 64° 14' long. Oeste y 421 m.s.n.m).

2. 2. Caracterización edafoclimatica de la zona

El ensayo se montó en un área de relieve normal suavemente ondulado; el suelo es profundo, bien drenado de textura franco arenosa, perteneciente según el Soil Taxonomy al subgrupo Haplustol típico (Cantero *et al.*, 1986).

El clima es templado, subhúmedo a semiárido, con estación seca en invierno (Ravello y Seiler, 1978/79). La temperatura máxima media es de 29 °C (enero) y la mínima media es de 3 °C (julio). Los vientos predominantes son de orientación N-NE con mayor ocurrencia en los meses de agosto, septiembre y octubre. Las precipitaciones anuales promedio son de 801.2 mm, siendo enero y diciembre los meses que registran mayores precipitaciones (Seiler *et al.*, 1995).

2. 3. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de parcela dividida en franjas, con cuatro repeticiones. El tamaño de la unidad experimental fue de 7 surcos (distancia entre hileras de 0,7 m) de ancho por 7 metros de largo. Se utilizaron tres híbridos de maíz resistente a Imidazolinonas, dos insecticidas terapicos de semilla y dos herbicidas del grupo de las Imidazolinonas. Por conjugación de estos tres factores quedaron definidos los siguientes tratamientos:

Híbrido	Insecticida	Herbicida
1) Dekalb 682	Teflutrina	Imazapic + Imazapir
		Imazetapir + Imazapir
2) Morgan 534	Clorpirifos	Imazapic + Imazapir
3) Pioner 32 K 67		Imazetapir + Imazapir

2. 4. Barbecho químico

Se realizó un barbecho químico corto, por medio de una aplicación de 2.5 litros/ha de Glifosato formulado al 48 %, a fines de agosto.

2. 5. Tratamiento de la semilla

El día 24/09/04 se llevó a cabo el tratamiento de la semilla con los insecticidas Clorpirifos 30% formulado como emulsión aceite en agua (Doser) y Teflutrina 19,5% formulado como suspensión de encapsulados (Force), éste último utilizado como testigo. La Teflutrina es el primer insecticida Piretroide diseñado para ser aplicado a la semilla, es activo contra una amplia gama de insectos de suelo y además ofrece total selectividad a diferentes cultivos, entre ellos el maíz (Casafe, 2001).

Se fraccionó la semilla disponible en dos partes iguales, una de ellas recibió el tratamiento con el insecticida Doser en una dosis de 250 cm³ cada 100 kilogramos de semilla; mientras que la otra fracción, fue tratada con Force en una dosis de 100 cm³ cada 100 kilogramos de semilla (las dosis utilizadas son las recomendadas por el fabricante), la homogeneización de los terapicos sobre la semilla se efectuó mediante una mezcladora mecánica (hormigonera).

2. 6. Siembra y fertilización

La siembra del maíz fue realizada el día 28/09/04 sobre rastrojo de soja, con una humedad cercana a capacidad de campo y 14 °C de temperatura a 5 cm de profundidad.

La densidad de siembra fue de 78000 semillas por hectárea, no se realizó un análisis de calidad de la semilla, pero se utilizaron híbridos comerciales de calidad certificada (poder germinativo mínimo 90% y pureza físico- botánica 98%). La implantación fue realizada por medio de una máquina de siembra directa de siete surcos, con una distancia entre hileras de 0,70 m. Simultaneo a la siembra se realizó una fertilización con 20 kg/ha de fosfato diamónico y 80 kg/ha de urea, aplicado en la línea de siembra y al costado de la misma, respectivamente.

2. 7. Aplicación de los herbicidas

Ésta se realizó el día 1/10/04, bajo condiciones ambientales favorables y mediante un pulverizador de parcelas, provisto de pastillas Turbo Drop 8001. Los herbicidas utilizados fueron Imazetapir 52,5% + Imazapir 17,5% e Imazapic 52,5% + Imazapir 17,5%, conocidos comercialmente como Lightning y Onduty, respectivamente. La dosis empleada en ambos

casos fue de 114 gr. de producto comercial por hectárea, vehiculizado en agua, aplicando un volumen total de 108 litros por hectárea.

2. 8. Riego

La superficie sobre la que se montó el ensayo estuvo bajo riego, por medio de un equipo de aspersión de avance frontal. Se realizaron tres riegos de 25 mm cada uno. El primero se realizó previo a la siembra (23/09/04), con el objetivo de adecuar el contenido hídrico del suelo para la misma; el segundo, el día 5/10/04 con el fin de favorecer la activación de los herbicidas aplicados; y el último, el día 19/11/04 para complementar las precipitaciones. El riego se utilizó en momentos estratégicos, el fin de su utilización no fue lograr el máximo rendimiento. Por este motivo, el contenido hídrico del suelo no fue medido sino que la necesidad de riego se determinó de forma subjetiva.

2. 9. Variables Medidas

- ◆ **Número de plantas establecidas:** a los treinta días de la siembra, se realizó el recuento del número de plantas presentes por unidad de superficie, se evaluaron los tres surcos centrales de cada tratamiento y repetición, contando en cada uno de ellos, el número de plantas presentes en 2,85 metros lineales de surco. Para iniciar el conteo se dejó un metro de surco como bordura, y se empezó a contar a partir de la segunda, de tres plantas bien distribuidas.
- ◆ **Altura:** en el estadio R1 (elongación de estigmas), se midió la altura hasta la base de la inflorescencia masculina de diez plantas consecutivas del surco central de cada tratamiento y repetición, dejando por lo menos un metro de bordura.
- ◆ **Rendimiento:** con el cultivo en madurez de cosecha, se recolectó manualmente las espigas presentes en los tres surcos centrales de cada tratamiento y repetición, dejando en ambos extremos del surco un metro de bordura; el paso siguiente fue el conteo y desgranado de las espigas, para lo cual se utilizó una cosechadora estática. Posteriormente se pesó cada muestra con una balanza electrónica y se corrigió por humedad (hasta 13,5°).
- ◆ **Número de plantas a cosecha:** se evaluó en los tres surcos centrales de cada tratamiento y repetición, contando en cada uno de ellos el número de plantas presentes en 2,85 metros lineales de surco. Para iniciar el conteo se dejó un metro de surco como bordura, y se comenzó a contar a partir de la segunda, de tres plantas bien distribuidas.

- ◆ **Número de espigas por planta:** se obtuvo en forma indirecta para cada tratamiento y repetición; a partir del cociente entre el número de espigas/ha y el número de plantas/ha.
- ◆ **Peso de 1000 semillas:** se obtuvo en forma directa; se extrajo al azar de cada tratamiento y repetición 1000 semillas, que luego fueron pesadas en una balanza digital.
- ◆ **Número de granos por espiga:** ésta variable se determinó en forma indirecta para cada tratamiento y repetición; se calculó en un primer momento el peso promedio de los granos de la espiga por medio del cociente entre el rendimiento/ha y el número de espigas/ha, a partir de este valor y conociendo el peso de las 1000 semillas se obtuvo por regla de tres simple el número de granos promedio por espiga.

2. 10. Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidas al Análisis de Varianza para establecer si hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Los valores de aquellas variables que mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos fueron comparadas por medio del test de Duncan ($\alpha= 0,05$). Estas evaluaciones fueron realizadas por medio del Software Estadístico InfoStat (InfoStat, 2002).

3 - RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como puede observarse en el cuadro 1, no hay interacción entre los factores para ninguna de las variables analizadas. Al no haber interacción entre los factores, se considera el efecto de cada uno de ellos por separado.

Se observó efecto híbrido en el número de plantas establecidas, número de plantas a cosecha, altura de la planta en floración, granos por espiga y rendimiento (Cuadro 1). La diferencia entre híbridos para estas últimas tres variables son debidas a características propias del genotipo, ya que los tres comparten el mismo ambiente; mientras que, las dos primeras variables son dependientes principalmente de la calidad de la semilla. Si bien los semilleros aseguran un mínimo de poder germinativo y energía germinativa, no determinan para cada lote de semilla el valor exacto de estas variables, por ende es de esperarse que existan diferencias de calidad entre las mismas.

Ninguna de las variables analizadas fue afectada por el herbicida; la respuesta del cultivo a la aplicación de Lightning, fue estadísticamente igual a la observada cuando se aplico Onduty (Cuadro 1). Esta respuesta muestra una similitud en el grado de selectividad de ambos herbicidas en los diferentes cultivares de maíz ensayados.

Cuadro 1. Significancia estadística (valor p) del efecto de los distintos factores sobre las variables analizadas.

F.V.	plantas establ.	altura	plantas a cosecha	espigas por pl.	granos por espiga	peso de 1000 sem.	Rend.
Híbrido	0.0011	0.0028	0.0088	0.9986	0.0011	0.3062	0.0040
Insecticida	0.0123	0.0498	0.0429	0.3902	0.2032	0.9312	0.0395
Herbicida	0.0922	0.5212	0.0818	0.1070	0.8726	0.1272	0.3195
Insect.*Hibr.	0.9440	0.4627	0.7387	0.8917	0.9946	0.2248	0.9908
Híbr.*Herb.	0.5809	0.6516	0.0668	0.6173	0.3413	0.1267	0.5206
Insect.*Herb.	0.7853	0.4268	0.5823	0.6934	0.4877	0.1651	0.2229
Híbr.*H.*I.	0.1108	0.7418	0.5185	0.2500	0.1332	0.9075	0.1472

3. 1. Plantas establecidas

El Clorpirifos produjo una disminución estadísticamente significativa ($p=0,0123$) en el número de plantas establecidas (Figura 1), independientemente del híbrido utilizado (Cuadro 1, interacción insecticida - híbrido) y de la Imidazolinona aplicada (Cuadro 1, interacción insecticida - herbicida). Se obtuvo una disminución del 8,4% con respecto al insecticida testigo (Teflutrina).

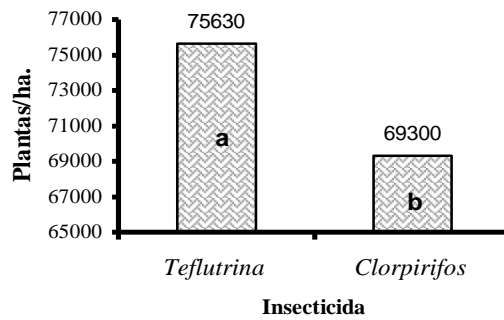


Figura 1. Efecto del factor insecticida sobre el número de plantas de maíz por ha, presentes a los 30 días de la siembra. Letras distintas indican diferencias significativas ($p\leq 0,05$).

Ninguno de los autores consultados, reporta disminución en el número de plantas establecidas a causa del uso de Clorpirifos.

3. 2. Altura de la planta en floración

El Clorpirifos produjo una disminución estadísticamente significativa ($p=0,0498$) en la altura de la planta en floración (Figura 2), independientemente del híbrido utilizado (Cuadro 1, interacción insecticida - híbrido) y de la Imidazolinona aplicada (Cuadro 1, interacción insecticida - herbicida). La altura de la planta se redujo un 3,4% con respecto al insecticida testigo (Teflutrina).

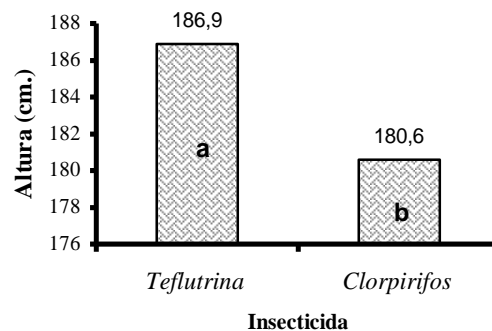


Figura 2. Efecto del factor insecticida sobre la altura de la planta de maíz en floración. Letras distintas indican diferencias significativas ($p\leq 0,05$).

Si bien, no se encontraron antecedentes específicos sobre la disminución de la altura de la planta a causa del uso de Clorpirifos en maíces tratados con Imidazolinonas. Papa y Massaro (1999) en ensayos de campo, observaron que se disminuye la altura de la planta de maíz (medida en V9-V10) a causa del uso conjunto del Clorpirifos y el Nicosulfurón (sulfonilurea); cuando éstos se aplican mezclados en el tanque o cuando se aplica el herbicida o el insecticida hasta dos horas después de la aplicación del primero. Los autores atribuyen la disminución de la altura a una menor longitud de los entrenudos. Nicolai *et al.* (2006), observaron que en aplicaciones post-emergentes (15 días después de la emergencia) la mezcla de tanque de Nicosulfurón y Clorpirifos produjo una reducción en la altura de la planta luego de la aplicación; posteriormente el cultivo se fue recuperando gradualmente de la intoxicación, sin verse afectada la altura de la planta en floración. Por su parte, Biediger (1992) ha observado una disminución en la altura de la planta cuando se combinan los insecticidas organofosforados y el Primisulfuron (citado por Penckowski *et al.* 2002).

3. 3. Componentes del rendimiento

El único componente del rendimiento que se vió afectado significativamente por el factor insecticida, fue el número de plantas a cosecha (Cuadro 1).

El Clorpirifos produjo una disminución estadísticamente significativa ($p=0,0429$) en el número de plantas a cosecha (Figura 3), independientemente del híbrido utilizado (Cuadro 1, interacción insecticida - híbrido) y de la Imidazolinona aplicada (Cuadro 1, interacción insecticida - herbicida). Se observó una pérdida de plantas del 6,3% con respecto al insecticida testigo (Teflutrina).

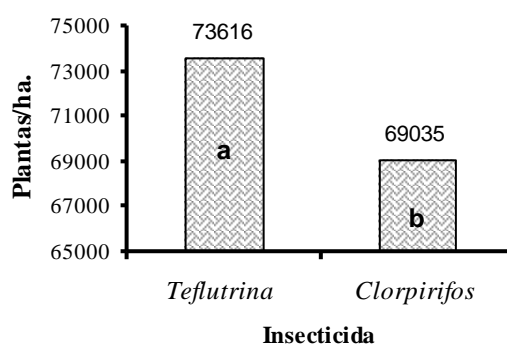


Figura 3. Efecto del factor insecticida sobre el número de plantas de maíz en el momento de cosecha. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

3. 4. Rendimiento

El Clorpirifos produjo una disminución estadísticamente significativa ($p=0,0395$) en el rendimiento en grano del cultivo (Figura 4), independientemente del híbrido utilizado (Cuadro 1 interacción insecticida - híbrido) y de la Imidazolinona aplicada (Cuadro 1, interacción insecticida - herbicida). La disminución fue del 11% con respecto al insecticida testigo (Teflutrina).

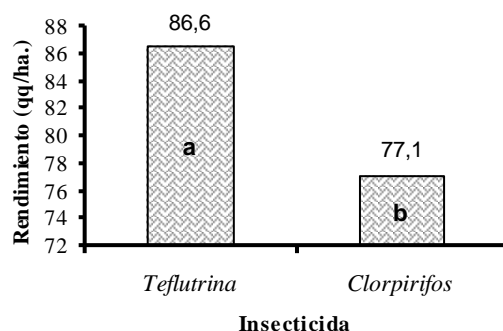


Figura 4. Rendimiento en grano del cultivo de maíz en respuesta al factor insecticida. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Los componentes principales del rendimiento son el número de granos por unidad de superficie y el peso promedio unitario de los granos (Cárcova *et al.*, 2003). El peso de los granos no fue afectado por el insecticida (Cuadro 1); por lo tanto, la disminución del rendimiento en este caso quedó definida por el menor número de granos por hectárea.

A su vez, el número de grano por hectárea es producto del número de plantas por hectárea, del número de espigas granadas por planta (prolificidad) y del número de granos por espiga (Cárcova *et al.*, 2003). Estas dos últimas variables no fueron afectadas por el insecticida (Cuadro 1); por lo tanto, la disminución del rendimiento fue causada por el menor número de plantas a cosecha (Cuadro 1).

Como puede observarse en la Figura 1, el número de plantas fue afectado en los primeros momentos del cultivo, pérdida que luego se vio reflejada en el número de plantas a cosecha.

El cultivo de maíz, posee escasa regulación del área foliar por planta ante variaciones en la densidad, esto se debe principalmente a que la mayoría de los genotipos tienen reducida capacidad de macollaje y, además, a que la tasa de expansión foliar es relativamente estable. El cultivo frente a la pérdida de plantas no alcanza a desarrollar suficiente área foliar para alcanzar el IAF crítico (Kruk y Satorre, 2003). Cuando esto sucede, el cultivo no logra interceptar el 95% de la radiación incidente; disminuyendo la radiación interceptada

acumulada, la biomasa producida y el rendimiento en grano del cultivo (Cárcova *et al.*, 2003).

Resumiendo, el Clorpirifos afectó el número de plantas establecidas, efecto que determinó un menor número de plantas en el momento de la cosecha; que a asociado a la baja capacidad de compensación del cultivo puede haber sido la causa de la reducción en el rendimiento en grano.

3. 5. Discusión Final

Los insecticidas y los herbicidas son compuestos extraños para planta de maíz y cuando entran en la misma, ésta responde de una manera defensiva, trata de hacer inertes estos compuestos para que no causen ningún efecto fitotóxico (Hager & McGlamery, 1997; Hartzler *et al.*, 2000).

Ciertos insecticidas organofosforados y los herbicidas que inhiben la ALS comparten un camino metabólico común en la planta de maíz tolerante a Imidazolinonas, son degradados por medio del mismo sistema enzimático. Cuando uno o el otro está presente en la planta, el compuesto es metabolizado antes de que pueda causar daño; pero, cuando ambos están presentes, el camino del metabolismo “se sobrecarga” y no puede procesar con eficacia ambos compuestos. Cuando sucede esto, la lesión en la planta de maíz puede llegar a ser evidente (Hager & McGlamery, 1997; Hartzler *et al.*, 2000).

Si el insecticida organofosforado esta presente en la planta de maíz cuando se aplica el herbicida, el ritmo de metabolización de este último se ve disminuido y se acumula dentro de la planta a concentraciones dañinas (Hartzler *et al.*, 2000; Free patent, 2006).

Los metabolitos de los organofosforados en la planta de maíz inhiben la enzima citocromo P-450, responsable de la metabolización del Nicosulfurón (sulfonilurea); el cual se acumula, provocando fitotoxicidad (Baerg & Barrett 1993, citado por Nicolai *et al.* 2006).

La lesión causada por esta interacción se expresa a menudo como una interferencia en el normal desarrollo del maíz, que puede extenderse en severidad de apenas sensible a muy perjudicial (Hager & McGlamery, 1997; Hartzler *et al.*, 2000).

Según Hartzler *et al.* (2000), el método de aplicación, la formulación, el tipo de suelo y las precipitaciones son factores que influyen en la interacción entre los organofosforados aplicado al suelo y los herbicidas inhibidores de la ALS.

La aplicación de los organofosforados en el surco incrementa la cantidad de insecticida absorbido por la plántula de maíz, en comparación con la aplicación en bandas sobre el surco. Los organofosforados formulados para liberación lenta, limitan la concentración del insecticida en la solución del suelo, reduciendo la disponibilidad del mismo para el cultivo. Los suelos orgánicos retienen parte del insecticida aplicado, haciéndolo menos disponibles para la planta de maíz. El contenido hídrico del suelo influye

en la disponibilidad del insecticida para el maíz. Cuando el suelo está seco, el insecticida se une al coloide del suelo y está menos disponible para ser absorbido por el cultivo (Hartzler *et al.*, 2000).

Según Penckowski *et al.* (2002), las condiciones de humedad y temperatura adecuadas para el normal desenvolvimiento del cultivo desfavorecen la interacción entre el insecticida y el herbicida, ya que la planta tiene mayor capacidad para metabolizarlos.

En base a la bibliografía consultada el efecto fitotóxico del Clorpirifos estaría asociado a la presencia de algún herbicida inhibidor de la ALS (Hager & McGlamery, 1997; Papa y Massaro, 1999; Hartzler *et al.*, 2000; Casafe, 2001; Penckowski *et al.*, 2002; Redera, 2004; Free patent, 2006; Nicolai *et al.*, 2006; Plant and Soil Sciences, 2006). En el estudio realizado, el Clorpirifos en todos los tratamientos estuvo asociado a herbicidas inhibidores de la ALS, por ende el herbicida en este ensayo fue un componente más del medio. Es pertinente hipotetizar que el análisis estadístico no acusó interacción entre los insecticidas y los herbicidas porque estos últimos al actuar de la misma forma (inhibiendo la ALS), no se comportan como una variable frente al organofosforado.

Teniendo en cuenta lo citado anteriormente, se podría considerar que bajo las condiciones en las cuales se llevó a cabo este ensayo, el efecto del Clorpirifos se puede haber visto favorecido por la época de siembra, el riego, el método de aplicación del insecticida y el momento de aplicación de los herbicidas. Las temperaturas subóptimas asociadas a la siembra temprana, retrasaron la emergencia del cultivo, en estas condiciones se reduce la capacidad del cultivo para metabolizar los agroquímicos; se podría pensar que la fitotoxicidad observada sería menos intensa en siembras tardías. La aplicación del insecticida sobre la semilla y el riego realizado luego de la aplicación de los herbicidas, favorecieron la absorción de ambos por la plántula. La aplicación de la Imidazolinona en preemergencia complica aún más la relación, ya que, el herbicida es absorbido y debe ser metabolizado por la planta, en el momento en que la concentración del insecticida es alta, y con ello la inhibición de la enzima encargada de la metabolización.

Los componentes del rendimiento que se definen en estadios avanzados del cultivo como son el número de espigas por planta, el número de granos por espiga y el peso de los granos, no se vieron afectados por el Clorpirifos (Cuadro 1). Estos resultados coinciden con lo antes expuesto, ya que, el efecto del Clorpirifos estaría asociado a la concentración del mismo dentro de la planta en el momento de aplicación del herbicida; luego la concentración del insecticida va disminuyendo; y con ello, la inhibición de la enzima encargada de la metabolización del herbicida, y los síntomas.

En base a lo expuesto en párrafos anteriores, se podría esperar que, bajo las mismas condiciones ambientales, mientras mayor sea la concentración del insecticida en la planta, al momento del ingreso del herbicida, mayor será el efecto fitotóxico; además, cualquier factor

que produzca un estrés en la planta reduce la capacidad de la misma para metabolizar los herbicidas inhibidores de la ALS.

No obstante lo expuesto y teniendo en cuenta los resultados y antecedentes considerados, hubiera sido conveniente contar con un tratamiento de Clorpirifos sólo o con un herbicida con un modo de acción distinto a las Imidazolinonas, lo cual hubiera permitido demostrar la inocuidad del Clorpirifos sobre el cultivo y la interacción entre el organofosforado y las Imidazolinonas.

4 - CONCLUSIONES

Para las condiciones en las que se realizó el experimento podemos concluir que:

- ◆ El Clorpirifos aplicado a la semilla afectó negativamente el número de plantas establecidas, la altura de la planta y el rendimiento en grano del cultivo de maíz IMI; independientemente del híbrido utilizado y de la Imidazolinona aplicada.
- ◆ El peso de los granos, el número de espigas por planta y el número de granos por espiga, no fueron afectados.
- ◆ La pérdida de rendimiento fue causada por la disminución en el número de plantas establecidas.

5 - BIBLIOGRAFÍA

- AGROCONNECTION 2004 Maíces biotecnología. En: www.agroconnection.com.ar/secciones/cultivos/maíz/S0013A00031.htm. Consultado: 22-11-2004.
- BARBERÁ, C. 1989 **Pesticidas Agrícolas** 4^{ta} edición. ed. Omega, Barcelona, España.
- BASF ARGENTINA 2004a Lightning. En: www.agro.basf.com.ar. Consultado: 20-09-2004.
- BASF ARGENTINA 2004b Onduty. En: www.agro.basf.com.ar. Consultado: 20-09-2004.
- CÁRCOVA, J.; L. BORRÁS y M.E. OTEGUI 2003 Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en maíz: Componentes más importantes en la determinación del rendimiento. **En:** SANTORRE, E.H.; R.L. BENECH ARNOLD; G.A. SLAFER; E.B. DE LA FUENTE; D.J. MIRALLES; M.E. OTEGUI y R. SAVIN 2003 **Producción de Granos, bases funcionales para su manejo**. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. p. 146-156.
- CANTERO, A.; E. BRICCHI; V. BECERRA; J. CISNEROS y H. GILL 1986 **Zonificación y descripción de las tierras del departamento Río Cuarto (Córdoba)**. Dpto. Imprenta. UNRC.
- CASAFE 2001 **Guía de productos fitosanitarios para la República Argentina**. 10^o Edición. Buenos Aires, Argentina.
- DE LA FUENTE, E.B. y R.L. BENECH ARNOLD 2003 Importancia del uso de bases agroecológicas para el manejo de adversidades bióticas. **En:** SANTORRE, E.H.; R.L. BENECH ARNOLD; G.A. SLAFER; E.B. DE LA FUENTE; D.J. MIRALLES; M.E. OTEGUI y R. SAVIN 2003 **Producción de Granos, bases funcionales para su manejo**. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. p. 563-577.
- FREE PATENT 2006 Method and compositions for protecting maize against injury from the interaction of an organophosphate insecticide-nematicide and an AHAS-inhibiting herbicide using lactidichlor. En www.freepatentonline.com/5397765.html. Consultado: 15-09-2006.
- GARCÍA TORRES, L. y C. FERNÁNDEZ QUINTANILLA 1991 **Fundamentos sobre Malas Hierbas y Herbicidas**. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. p. 273-281.

- GUGLIELMINI, A.C; D. BATLLA y R.L. BENECH-ARNOLD 2003 Bases para el control y manejo de malezas: Efectos de la maleza sobre el cultivo. **En:** SANTORRE, E.H.; R.L. BENECH ARNOLD; G.A. SLAFER; E.B. DE LA FUENTE; D.J. MIRALLES; M.E. OTEGUI y R. SAVIN 2003 **Producción de Granos, bases funcionales para su manejo.** Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. p. 588-591.
- HARTZLER, B.; B. PRINGNITZ & M. OWEN 2000 Interactions between ALS-herbicides and organophosphate insecticides. Integrated crop management, Ames, Iowa. 22 may 2000. **En:** <http://www.ipm.iastate.edu/ipm/icm/2000/5-22-2000/interaction.html>. Consultado: 15-09-2006.
- HAGER, A. & M. McGLAMERY 1997 Insecticide/Corn Herbicide Interactions. **En:** www.ipm.uiuc.edu/bulletin/pastpest/articles/v977i.html. Consultado: 10-09-2006.
- INFOSTAT 2002 **InfoStat, version 1.1. Manual del Usuario.** Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Ed., Editorial Brujas Argentinas.
- KRUK, B. y E.H. SATORRE 2003 Densidad y arreglo espacial del cultivo. **En:** SANTORRE, E.H.; R.L. BENECH ARNOLD; G.A. SLAFER; E.B. DE LA FUENTE; D.J. MIRALLES; M.E. OTEGUI y R. SAVIN 2003 **Producción de Granos, bases funcionales para su manejo.** Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. p. 280-292.
- LOPEZ, J. y J.C. PAPA 1989 **Herbicidas para cultivos de cosecha gruesa.** Características más importantes del grupo de las Triazinas, las Dinitroanilinas, las Sulfonilureas y las Imidazolinonas. INTA EEA Rafaela. N° 50.
- MANTECÓN, J. 2000 Importancia del curado de la semilla antes de la siembra. **En:** www.intabalcarse.org/divultec/SanidadVegetal/curado.htm. Consultado: 07-12-2004.
- NICOLAI, M.; S.J. CARVALHO Y R.F. LOPEZ-OVEJERO 2006 Aplicação conjunta de herbicidas e inseticidas na cultura do milho. **Bragantia.** [online]. vol. 65, p. 413-420. **En:** www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052006000300007&lng=es&nrm=iso. ISSN 0006-8705. Consultado: 15-09-2006.
- PAPA, J.C y R.A. MASSARO 1999 Evaluación de la fitotoxicidad sobre maíz de Nicosulfurón aplicado solo y en mezcla con Clorpirifos. **En: Maíz, Para mejorar la producción.** INTA EEA Oliveros. v. 10, p. 63-66.

- PENCKOWSKI, L.H.; M.J. PODOLAN y R. LÓPEZ-OVEJERO 2004 Tolerância de milho (*Zea mays*) tratado com inseticidas a herbicidas do grupo das imidazolinonas. **Planta Daninha**. [on line], vol. 22, (2) p. 307-313. En: www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010083582004000200019&lng=en&nrm=iso. Consultado:12-07-06.
- PLANT AND SOIL SCIENCES 2006 Field considerations of herbicide metabolism. Synergists. En: www.plantandsoil.unl.edu/croptechology2005/weed_science/?what=topicsD&informationModuleId=1016741032&... - 21k -. Consultado: 15-09-2006.
- RAVELLO, A y R. SÉILER 1978/79. Agroclima de la provincia de Córdoba. **RIA XIV** (3): 71-136.
- REDCRA 2004 Insecticidas utilizados en maíz. En: www.redcra.com.ar/agricultura/granos/cereales/maíz/agroquímicos/insecticidas.htm. Consultado: 20-11-2004.
- RUFINO, J. 2004 Efectos de diferentes insecticidas sobre la calidad de la semilla de maíz. En: www.inta.gov.ar/balcarce/ResumenesPG/PGPV2004/Rufino%20Jose.doc. Consultado: 20-11-2004.
- SEILER, R.; R. FABRICIUS; V. ROTONDO y M. VINO CUR 1995 **Agroclimatología de Río Cuarto** – 1974/93. Vol 1. Departamento de imprenta y publicaciones. UNRC. Río Cuarto, Argentina.
- TUESCA, D. y L. NISENSOHN 2004 Inhibidores de la síntesis de aminoácidos. **En:** Vitta, J. (Ed.). **Herbicidas: Características y fundamentos de su actividad**. UNR Editora, Rosario, Argentina. p. 51-58.
- VITTA, J. 2004 Clasificación de los herbicidas. **En:** Vitta, J. (Ed.). **Herbicidas: Características y fundamentos de su actividad**. UNR Editora, Rosario, Argentina. p. 25-65.

46	Dekalb						
47	Dekalb					Teflutrina	46
42	Dekalb					Teflutrina	47
45	Dekalb					Clorpirifos	42
47	Dekalb					Clorpirifos	45
41	Dekalb	74167				Teflutrina	47
44	Dekalb					Teflutrina	41
44	Dekalb					Clorpirifos	44
45	Dekalb					Clorpirifos	44
50	Dekalb					Teflutrina	45
40	Dekalb					Teflutrina	50
37	Dekalb					Clorpirifos	40
46	Dekalb					Clorpirifos	37
48	Dekalb					Teflutrina	46
45	Dekalb					Teflutrina	48
45	Dekalb					Clorpirifos	45
46	Pioneer					Clorpirifos	45
49	Pioneer					Teflutrina	46
45	Pioneer					Teflutrina	49
39	Pioneer					Clorpirifos	45
45	Pioneer					Clorpirifos	39
52	Pioneer	75833				Teflutrina	45
42	Pioneer					Teflutrina	52
44	Pioneer		Onduty	Lightning		Clorpirifos	42
46	Pioneer					Clorpirifos	44
48	Pioneer		LIG CLOR	73,1	63970	Teflutrina	46
44	Pioneer		LIG TEF	87,1	69210	Teflutrina	48
44	Pioneer		OND CLOR	81,1	65315	Clorpirifos	44
44	Pioneer		OND TEF	86,1	70075	Clorpirifos	44
49	Pioneer					Teflutrina	44
44	Pioneer					Teflutrina	49
47	Pioneer					Clorpirifos	44
45	Morgan					Clorpirifos	47
44	Morgan					Teflutrina	45
36	Morgan					Teflutrina	44
40	Morgan					Clorpirifos	36
42	Morgan					Clorpirifos	40
40	Morgan					Teflutrina	42
38	Morgan	67396				Teflutrina	40
39	Morgan					Clorpirifos	38
42	Morgan					Clorpirifos	39
43	Morgan					Teflutrina	42
37	Morgan					Teflutrina	43
42	Morgan					Clorpirifos	37
41	Morgan					Clorpirifos	42
43	Morgan					Teflutrina	41
35	Morgan					Teflutrina	43
40	Morgan					Clorpirifos	35
						Clorpirifos	40

75625

69306

75630

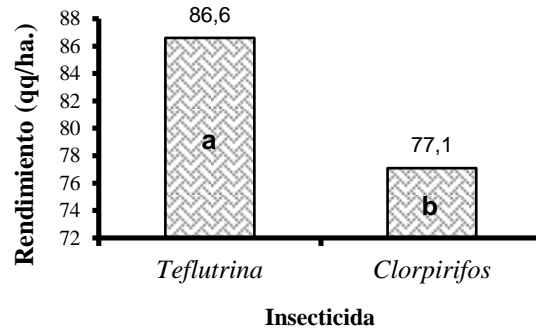
69300

180,6

186,9

64650

69650



77,1

86,6

73616

69035

