



POSIBLES EFECTOS DE LA INTENSIDAD DE APLICACIÓN DE PLAGUICIDAS SOBRE LA MICROFLORA DEL SUELO CULTIVADO CON PAPA. CERRO PUNTA, PANAMÁ.

Dorette Müller-Stoever¹; Ludwig Pülschen¹; J. Saverborn¹; Jaime Espinosa G.²

RESUMEN

Se realizaron experimentos para evaluar las posibles repercusiones ecológicas producidas por aplicaciones de insumos químicos en la protección de la papa. Se utilizó el diseño BCA con tres variantes en la intensidad de agroquímicos; seis réplicas fueron establecidas con el cultivar de papa 382171.10 del Centro Internacional de la Papa en el subcentro Experimental del IDIAP en Cerro Punta. Las variables evaluadas fueron: Sistema sin aplicación de plaguicidas, control (K); sistema con aplicación de plaguicidas de baja intensidad (una vez/semana: W); sistema de aplicación intensiva de plaguicidas (dos veces/semana: I). Los plaguicidas aplicados fueron: acefato, benomilo, cartap, clorotalonilo, deltametrina, mancozeb, metalaxil, oxadixil, metribuzina, dimetoato, metamidofós, ctiromazina, abamectina y oxamilo, según la práctica y dosis usuales de los productores del área. Los indicadores de la actividad microbiológica de los suelos (respiración basal, actividad de las deshidrogenasas y capacidad de nitrificación potencial de los suelos en diferentes momentos del estudio) fueron determinados en los laboratorios del IDIAP/Divisa. Los resultados revelaron poco efecto inhibitorio de la respiración basal hacia el final del experimento y solamente notable en la variante de aplicación intensiva. La respiración basal fue el parámetro menos afectado por los plaguicidas en relación a la variante no tratada. Sin embargo, la actividad de las deshidrogenasas y la capacidad de nitrificación estuvieron afectadas entre 60 y 70% por la aplicación intensiva de plaguicidas, este efecto se incrementó con el tiempo.

ECOLOGICAL EFFECTS OF PESTICIDE APPLICATIONS DURING THE PROTECTION OF POTATOES CROP. CERRO PUNTA, PANAMA.

Experiments were conducted to evaluate the potential ecological effects resulting from pesticide applications during the protection of potatoes crop. The BCA design with three chemical intensities was used, six replicates with the culture 382171.10 from the International Potato Center were planted at the Experimental subcenter of IDIAP at Cerro Punta. The following farming systems were evaluated: System without pesticide treatment, control (K), system with low intensity of pesticide applications (weekly: W) and system with high intensity on pesticide applications (twice/week: I). Treatments were done according to the local practice of the farmers with the pesticides: acephate, benomyl, cartap, chlorothalonil, deltamethrin, mancozeb, metalaxyl, oxadixyl, metribuzine, dimethoate, methamidophos, cyromazine, abamectin and oxamyl. Bioindicators of soil activity were determined at the Laboratory of IDIAP/Divisa; for that purpose, soil respiration, deshydrogenase activity and nitrification potential in soil samples collected at different time were tested. The results have shown very low inhibiting effects on the soil respiration; however, the deshydrogenase activity and the nitrification capacity were well affected in the range of 60-70% when treatment was intensive, this effect increased with time.

1 Investigador del Instituto de Producción Vegetal en los Trópicos y Subtrópicos, Universidad de Hohenheim, Alemania.

2 Ph.D., Toxicología, Investigador. IDIAP. CIAOR.



INTRODUCCIÓN

Durante las dos últimas décadas se han desarrollado métodos para determinar la actividad biológica del suelo. Los parámetros utilizados incluyen la actividad de las deshidrogenasas, la respiración del suelo y la capacidad potencial de nitrificación.

Las deshidrogenasas se presentan sólo en organismos vivos, en los cuales tienen como función el transporte de electrones durante la actividad celular. La actividad de las deshidrogenasas se relaciona directamente con la actividad de los microorganismos, reaccionando de forma sensible a la presencia de sustancias exógenas incidentes.

La generación de bióxido de carbono por el consumo de materia orgánica y oxígeno por los microorganismos puede ser obtenido cuando se agrega glucosa en exceso, debido a que prácticamente todos los organismos son capaces de degradar este sustrato.

Contrariamente, la nitrificación potencial se presenta en organismos específicos. La oxidación del amonio a nitrato sólo se presenta en pocas bacterias quemolitotróficas que obtienen el carbono por una fijación autotrófica del

bióxido de carbono. La energía requerida para ese proceso es obtenida de la oxidación del ión amonio o nitrito. Empleando clorato sódico como inhibidor específico de la oxidación quemoautotrófica del nitrito se puede determinar la nitrificación en corto tiempo.

En las tierras altas del Oeste de la República de Panamá, se encuentra una zona donde durante todo el año se practica muy intensamente la horticultura (Cerro Punta). Uno de los cultivos económicamente más importantes es la papa. Este tubérculo, debido a la enorme presión de enfermedades y plagas, solamente puede ser cultivado con la ayuda de insecticidas y fungicidas, lo que resulta costoso.

Este ensayo intenta demostrar las posibles repercusiones ecológicas producidas por el uso intensivo de productos químicos, estimando efectos secundarios que se producen en las actividades microbiológicas del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las propiedades físicas y químicas del suelo del campo experimental se reflejan en el Cuadro 1.



CUADRO 1. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO DEL CAMPO EXPERIMENTAL DEL IDIAP-CERRO PUNTA.

Tipo de Suelo	Textura			M.O. (%)	pH (0.01 M CaCl ₂)	Máxima capacidad de retención de agua (g H ₂ O/100 g)
	Arcilla	Limo	Arena			
IS	6	20	74	3.3	5.7	77.9

M.O. = Materia Orgánica.

La textura fue determinada en el Laboratorio de Suelo del IDIAP (Divisa) según el método de Bouyoucos (1950).

La máxima capacidad de retención de agua se determinó mediante embudos y papel de filtro, conforme a ALEF (1991). El contenido de carbono orgánico fue medido con el aparato de Wüsthoff (Schlichting y Blume, 1966).

En la Figura 1 se muestra la precipitación pluvial diaria y las temperaturas del suelo a una profundidad de 5 cm

durante el período experimental (del 17/8 al 30/11 de 1993).

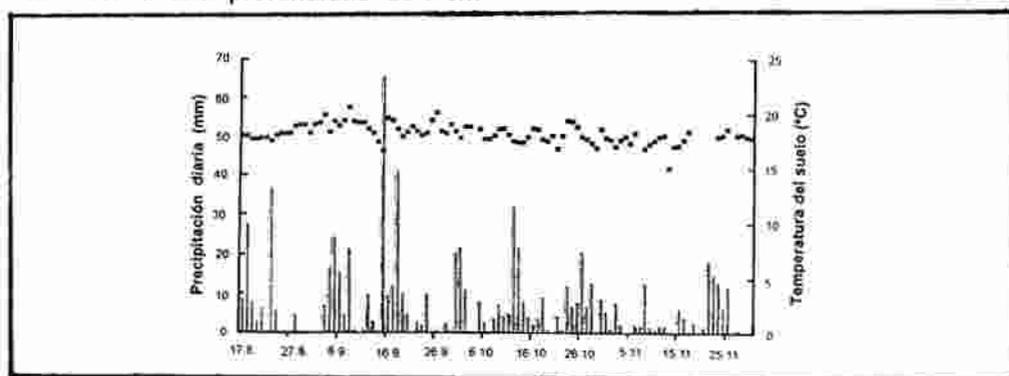
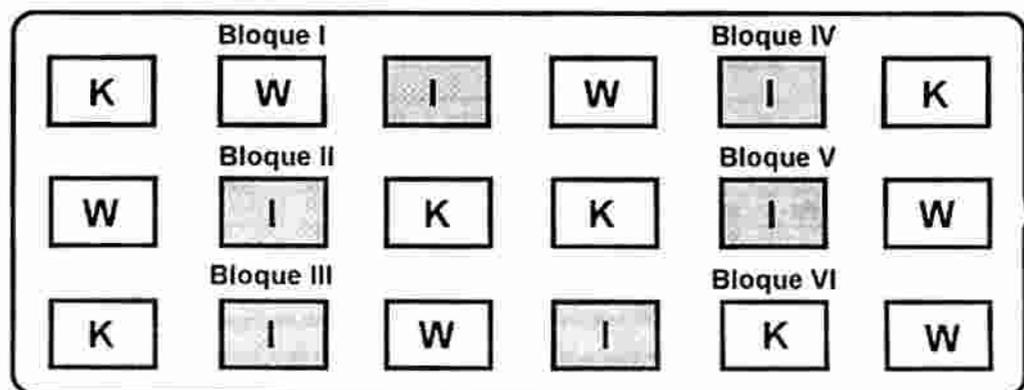


FIGURA 1. PRECIPITACIÓN PLUVIAL DIARIA Y TEMPERATURA DEL SUELO (1993). Experimento de campo

El experimento de campo se componía de seis unidades experimentales; cada una de ellas contenía tres variantes (I, W, K) con seis réplicas (Figura 2).

Las parcelas median 4 x 5 m con una separación de 80 cm. El suelo se preparó y surcó a una distancia de 80 cm. La siembra fue manual.



I = Sistema intensivo de protección de plantas; W = Sistema menos intensivo de protección de plantas; K = Control, sin uso de plaguicidas.

FIGURA 2. ESQUEMA DEL DISEÑO DEL EXPERIMENTO DE CAMPO.

Se abonó con 252 kg de N/ha, 450 kg de P_2O_5 /ha y 234 kg de K_2O /ha. El abono contenía material orgánico (gallinaza) y minerales.

Los plaguicidas se aplicaron con una bomba de mochila. De cada parcela se tomaron muestras de suelo semanalmente a 0-5 cm de profundidad; 20 punciones fueron incorporadas para formar una muestra compuesta de campo. Inmediatamente después de la extracción del suelo se procedió al tamizado mediante un cedazo de 2 mm. Cuando el suelo estuvo muy húmedo, se dejó secar hasta alcanzar las propiedades adecuadas para el tamizado. Las muestras fueron transportadas y

almacenadas a 4 °C, hasta el momento del análisis.

La respiración del suelo y la nitrificación potencial fueron analizadas durante la semana de la toma de muestras, mientras que la actividad de las deshidrogenasas a la semana siguiente a la toma de muestras.

Métodos de Análisis

Como indicador de la actividad microbiológica general se determinó la respiración del suelo sin adición de sustrato (respiración basal), según Jäggi (1976).



Se introdujeron 25 g de suelo (con una capacidad de retención de agua de 50%), en tubitos de ensayo de polipropileno con reborde, los cuales fueron colgados en botellas de cierre hermético en posición vertical. El intercambio de gas entre la muestra de suelo y el espacio de la botella, se facilitó colocando una gaza fina en la boca inferior del tubo de ensayo.

Para la absorción del CO_2 se pipetearon 15 ml de NaOH en cada botella. Las muestras se incubaron durante 20 horas a 30 °C; finalmente, se procedió a la precipitación del CO_2 absorbido en forma de BaCO_3 añadiendo una solución de BaCl_2 . El NaOH remanente fue determinado por titrimetría.

Un segundo indicador de la actividad microbiológica general fue la medición de la actividad de las deshidrogenasas por medio de cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio (TTC) según Thalmann (1968), procedimiento metodológicamente mejorado por Friedel y col. (1994).

En un experimento previo se utilizó una concentración óptima para el suelo de 0.6% TTC. En tubos de ensayo de 100 cc se colocaron 5 g de suelo, con una solución de TTC-TRIS (trishidroximetilaminometano, pH = 7.6); luego se introdujo nitrógeno en los tubos que

fueron tapados. La incubación duró 24 horas en oscuridad a 30 °C; el trifenilformasán (TPF) reducido fue extraído con acetona y después se midió la absorbancia a 485 nm en un espectrofotómetro.

Además se examinó la nitrificación potencial. La oxidación de NO_2^- a NO_3^- fue inhibida específicamente al añadir NaClO_3 . Después de la agitación de las muestras con una solución de sulfato de amonio a una temperatura constante por cinco horas, se procedió a la lectura fotométrica de NO_2^- a 540 nm (Kandeler, 1988).

Análisis Estadístico

Se procedió al análisis de varianza utilizando el programa GLM del paquete estadístico de programas SAS (1982).

Los efectos del tratamiento fueron examinados con la prueba de t, según Fisher. Las diferencias significativas ($P < 0.05$) están indicadas con diferentes letras (a, b).

Las parcelas no tratadas con herbicidas fueron escardadas y desmalezadas a mano a partir del día 15 de septiembre. La cosecha de la papa se realizó a mediados de diciembre de 1993.

El Cuadro 2 presenta la fecha de aplicación de los plaguicidas y la cantidad



utilizada en las variantes I y W, respectivamente. La variante W fue tratada una vez por semana con una

mezcla de insecticidas y fungicidas, mientras que la variante I fue tratada dos veces por semana con la misma mezcla.

CUADRO 2. PLAGUICIDAS EMPLEADOS EN LAS VARIANTES W e I (1993).

CANTIDAD DE PLAGUICIDAS (kg respect. lt/ha)		
FECHA	VARIANTE W	VARIANTE I
18/8/1993	BE 1,7; VY 2,5	BE 1,7; VY 2,5
31/8	SE 1,0	SE 1,0
9/9	BRA 3,3; VY 0,7	RI 2,5; PA 1,7
13/9	PA 1,7	RI 2,5; PA 1,7
17/9	BRA 3,3 RI 2,5; VER 0,2	BRA 3,3; RI 2,5; TA 0,7
21/9	BRA 3,3; EVI 0,7	DI 5,0; SI 0,5
24/9		DI 5,0; DE 0,8
27/9	RI 3,1; TRI 0,2	DI 6,3; TRI 0,2
1/10		DI 6,3; OR 1,0
4/10	BRA 5; VER 0,3	DI 7,5; VER 0,3
7/10	TA 1,0	DI 7,5; PA 2,5; TA 1,0
15/10		BRA 5,0; SI 0,8
19/10	BRA 5; RI 3,8; TA 1,0	BRA 5,0; RI 3,8; TA 1,0
22/10		VO 5,0; DE 1,3
26/10	DI 8,8; SA 5,8; EVI 1,2	VO 5,8; SA 5,8; PA 2,9
29/10		VO 5,8; SA 5,8;
1/11	DI 8,8; SA 5,8; EVI 1,2	VO 5,8; SA 5,8; EVI 1,2
9/11	BRA 5,8; TRI 0,3	BRA 5,8; TRI 0,3
12/11		BRA 5,8; TRI 0,3

Variante W = Sistema menos intensivo de protección de plantas.

Variante I = Sistema intensivo de protección de plantas.

BE = Benlate (benomilo 50%); BRA = Bravo (clorotalonilo 500 g/lt); DE = Decis (deltametrina 25 g/lt); DI = Dithane (mancozeb 80%); EVI = Evisect (thiocyclam- hidrogenoxalato 50%); OR = Orthene (acefato 75%); PA = Padan (cartap 50%); RI = Ridomil (mancozeb 64%, metalaxyl 8%); SA = Sandofan (mancozeb 56%, oxadixyl 8%); SE = Sencor (metribuzim 70%); SI = Sistemin (dimetoato 40%); TA = Tamaron (metamidofos 60%); TRI = Trigard (cyromazina 75%); VER = Verimec (abamectin 18 g/lt); Vondozeb (mancozeb 80%); VY = Vydate (oxamilo 245 g/lt).



utilizada en las variantes I y W, respectivamente. La variante W fue tratada una vez por semana con una

mezcla de insecticidas y fungicidas, mientras que la variante I fue tratada dos veces por semana con la misma mezcla.

CUADRO 2. PLAGUICIDAS EMPLEADOS EN LAS VARIANTES W e I (1993).

CANTIDAD DE PLAGUICIDAS (kg respect. lt/ha)		
FECHA	VARIANTE W	VARIANTE I
18/8/1993	BE 1,7; VY 2,5	BE 1,7; VY 2,5
31/8	SE 1,0	SE 1,0
9/9	BRA 3,3; VY 0,7	RI 2,5; PA 1,7
13/9	PA 1,7	RI 2,5; PA 1,7
17/9	BRA 3,3 RI 2,5; VER 0,2	BRA 3,3; RI 2,5; TA 0,7
21/9	BRA 3,3; EVI 0,7	DI 5,0; SI 0,5
24/9		DI 5,0; DE 0,8
27/9	RI 3,1; TRI 0,2	DI 6,3; TRI 0,2
1/10		DI 6,3; OR 1,0
4/10	BRA 5; VER 0,3	DI 7,5; VER 0,3
7/10	TA 1,0	DI 7,5; PA 2,5; TA 1,0
15/10		BRA 5,0; SI 0,8
19/10	BRA 5; RI 3,8; TA 1,0	BRA 5,0; RI 3,8; TA 1,0
22/10		VO 5,0; DE 1,3
26/10	DI 8,8; SA 5,8; EVI 1,2	VO 5,8; SA 5,8; PA 2,9
29/10		VO 5,8; SA 5,8;
1/11	DI 8,8; SA 5,8; EVI 1,2	VO 5,8; SA 5,8; EVI 1,2
9/11	BRA 5,8; TRI 0,3	BRA 5,8; TRI 0,3
12/11		BRA 5,8; TRI 0,3

Variante W = Sistema menos intensivo de protección de plantas.

Variante I = Sistema intensivo de protección de plantas.

BE = Benlate (benomilo 50%); BRA = Bravo (clorotalonilo 500 g/lt); DE = Decis (deltametrina 25 g/lt); DI = Dithane (mancozeb 80%); EVI = Evisect (thiocyclam- hidrogenoxalato 50%); OR = Orthene (acefato 75%); PA = Padan (cartap 50%); RI = Ridomil (mancozeb 64%, metalaxyl 8%); SA = Sandofan (mancozeb 56%, oxadixyl 8%); SE = Sencor (metribuzim 70%); SI = Sistemin (dimetoato 40%); TA = Tamaron (metamidofos 60%); TRI = Trigard (cyromazina 75%); VER = Verimec (abamectin 18 g/lt); Vondozeb (mancozeb 80%); VY = Vydate (oxamilo 245 g/lt).



RESULTADOS

Respiración basal

Como se refleja en la Figura 3, el nivel de la respiración basal varió poco durante el período de análisis. Sólo en las parcelas de control no tratadas se observó un aumento significativo de la actividad a partir del 6 de septiembre, a los 20 días postinicio del experimento.

En las parcelas tratadas intensivamente con plaguicidas se produjeron efectos inhibitorios variables de 18 y 34% hacia el final del experimento (12 Nov). En la respiración basal de la variante W, se encontró solamente en dos de las mediciones un efecto inhibitorio significativo.

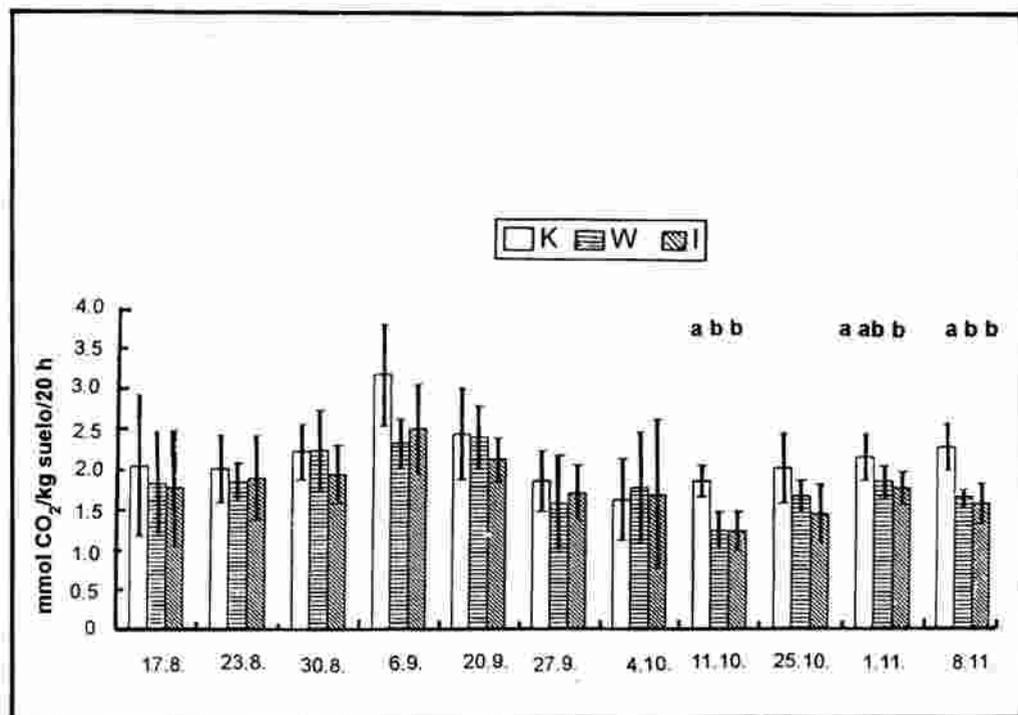


FIGURA 3. RESPIRACIÓN BASAL DURANTE EL PERIODO EXPERIMENTAL.



Actividad de las deshidrogenasas

El nivel de la actividad de las deshidrogenasas en las parcelas de control prácticamente no mostró variación, mientras que la actividad de las variantes **W** e **I** se redujo considerablemente a partir de la tercera medición hasta el

final del experimento. Se pudo observar una tendencia al aumento de los efectos inhibidores, sobre todo en la variante **I**, la cual reflejaba en la última toma de muestras una diferencia del 60% con respecto a la variante de control. No se observaron diferencias significativas entre las variantes tratadas (**W** e **I**) con plaguicidas (Figura 4).

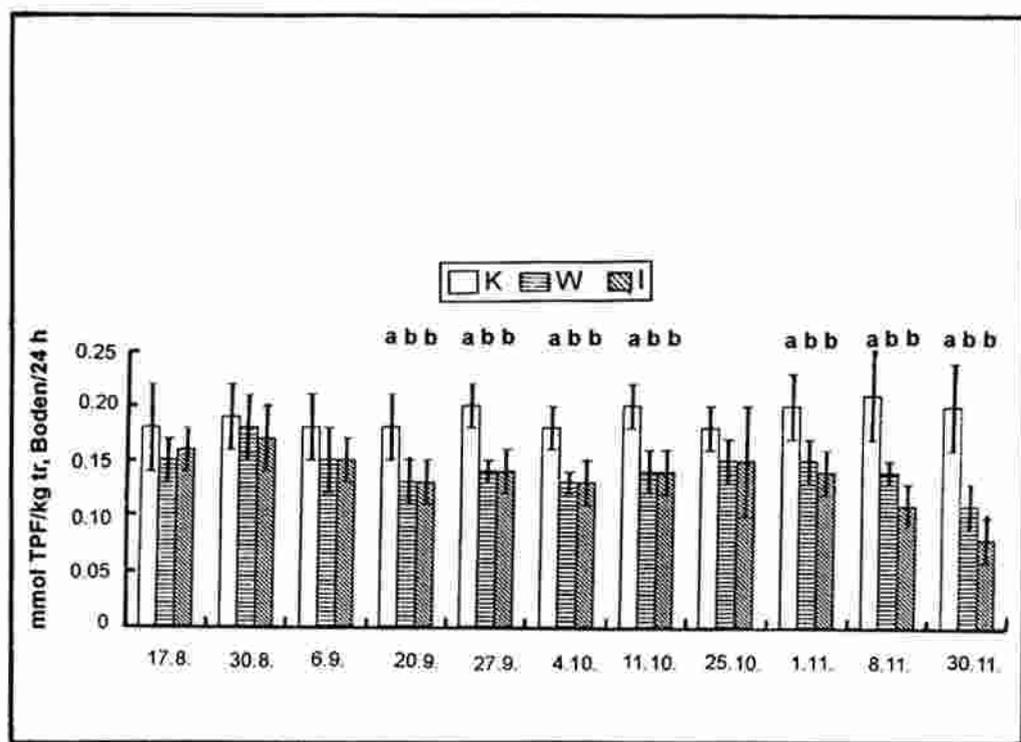


FIGURA 4. ACTIVIDAD DE LAS DESHIDROGENASAS EN EL SUELO DURANTE EL PERIODO EXPERIMENTAL.



Nitrificación potencial

La nitrificación potencial de las parcelas de control aumentó después del 6 de septiembre y se volvió a estabilizar a su nivel inicial hacia el final del experimento. La actividad de la variante I mermó significativamente a partir del 27 de septiembre con relación a la variante controlada y los efectos inhibido-

res se incrementaron. Estas reducciones de actividad se reflejaron claramente durante las dos últimas mediciones (55 y 71%, respectivamente). La nitrificación potencial de la variante W sufrió oscilaciones más fuertes y en relación a la variante controlada las inhibiciones no fueron tan acentuadas como en la variante I (Figura 5).

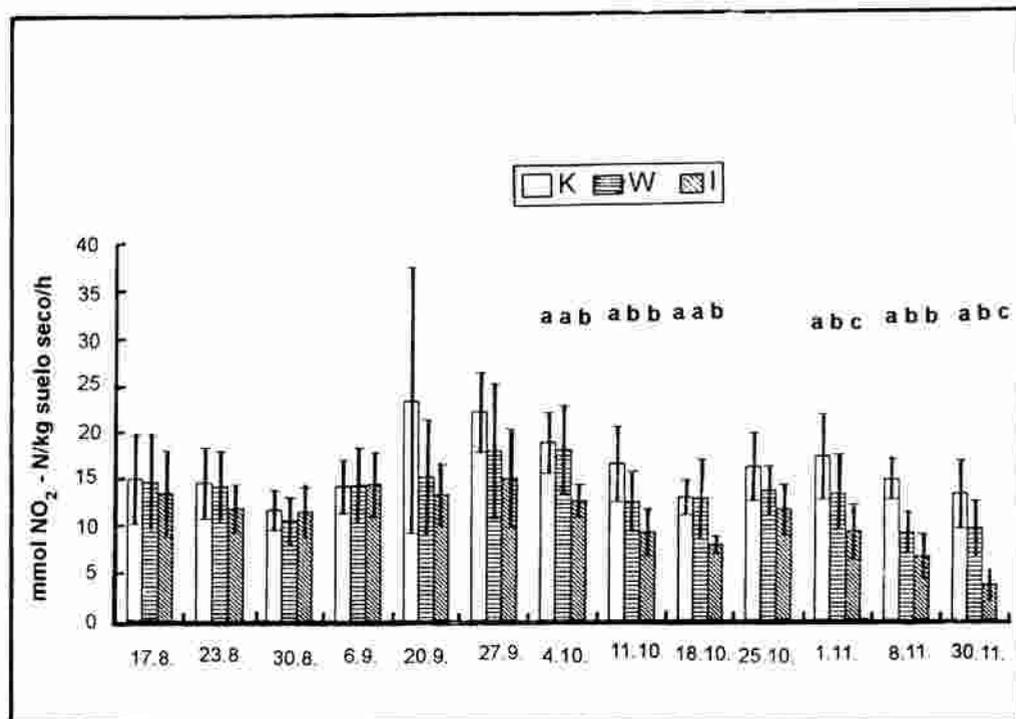


FIGURA 5.

NITRIFICACION POTENCIAL EN EL SUELO DURANTE EL PERIODO EXPERIMENTAL.



Rendimientos

Los mayores rendimientos comerciales se obtuvieron en las parcelas intensamente tratadas (Cuadro 3). Los rendimientos promedios fueron de 19 t/ha.

La variante W produjo rendimientos comerciales de 10.5 t/ha, mientras que las parcelas control (sin tratamiento), tan sólo produjeron 0.5 t/ha de papas comerciales, es decir, 21-38 veces menos que la práctica común del agricultor actual.

CUADRO 3. RENDIMIENTOS COMERCIALES DEL CLON 382171.10 CON DIFERENTES NIVELES DE INTENSIDAD EN EL USO DE PRODUCTOS QUÍMICOS EN LAS PARCELAS (kg/20 m²).

REPETICIONES	CONTROL K		VARIANTE W		VARIANTE I	
	TOTAL	Comercializable	TOTAL	Comercializable	TOTAL	Comercializable
1	5	2	35	25	51	44
2	6	1	21	16	51	39
3	5	0	29	20	52	40
4	3	0	30	19	63	45
5	5	2	33	23	34	26
6	5	2	27	20	39	33
Promedio	5	1	29	21	48	38

DISCUSIÓN

Los tres parámetros evaluados mostraron que la actividad microbiana del suelo en las variantes con el control químico mermó a lo largo del experimento en relación con la variante sin uso de plaguicidas.

De las actividades del suelo observadas, la respiración basal fue la menos afectada por los plaguicidas. Esta relativamente baja sensibilidad de la respiración basal frente a influencias externas concuerda con otros resultados



reportados previamente (Vonk y Barug, 1987).

La actividad de las deshidrogenasas y la nitrificación potencial reaccionaron antes y en mayor medida en contacto con los plaguicidas. Aún después de terminar las medidas de actividades de fitoprotección se observaron en la variante I entre 60 y 70% medido del nivel en el control. Estos resultados concuerdan con otras investigaciones, de las cuales se deduce que los dos métodos son muy apropiados para el registro de los efectos secundarios de plaguicidas (Malkomes y Wöler, 1983; Malkomes, 1985, 1991; Auspurg, 1986; Schuster, 1988; Torstensson y col., 1992).

La nitrificación potencial reveló una diferencia más clara entre las variantes I y W. La variante I reflejó, por norma, un perjuicio en mayor medida que la variante W. Por otro lado, en relación con la actividad de las deshidrogenasas, las dos variantes tratadas se comportaron del mismo modo durante un largo período. Solamente al final del experimento (noviembre) se constató una reducción más fuerte de la actividad en la variante I.

El aumento de la actividad en la respiración basal y en la nitrificación potencial, en las parcelas no tratadas los días 6 y 20 de septiembre puede deberse

a la reacción de los microorganismos ante el crecimiento de malezas. La primera limpieza de malezas tuvo lugar el 15 de septiembre, mientras que el herbicida metribuzin había sido aplicado el día 31 de agosto en las parcelas de las variantes tratadas con productos químicos.

En la actividad de las deshidrogenasas no se constató ninguna reacción, aunque en otros experimentos se reporta una clara reacción positiva en el crecimiento de plantas (Radanachless, 1986; Pohl y Malkomes, 1990; Mader, 1993).

A lo largo del experimento se observó un crecimiento irregular de la maleza incluso en las parcelas tratadas con fitoprotectores. El crecimiento de las papas en las parcelas no tratadas fue mucho más lento, debido a la presión de las enfermedades y las plagas; finalmente, el rendimiento fue muy bajo, llegándose incluso a la muerte total de las plantas. Por este motivo, hubo un gran crecimiento de malezas en las parcelas no tratadas, lo que imposibilitó su mantenimiento libre de malezas. No se descarta una sobreposición de los efectos observados debido a las influencias de este crecimiento irregular de las plantas en las parcelas.

Se han descrito efectos secundarios al aplicar por separado algunas de



las sustancias activas de los plaguicidas utilizados en el experimento sobre los microorganismos del suelo. Esto se refleja sobre todo al administrar grandes cantidades del herbicida metribuzin (Marsh y col., 1977; Junnila y col., 1993), de los insecticidas deltametrina (Grant, 1988) y dimetoato (Congregado y col., 1979) del nematicida oxamilo (Vlassak y Livens, 1975; TU 1980, 1981, 1988; Ross y Speir, 1984), igualmente de los fungicidas benomilo (Hofer y col., 1971; Helweg, 1973; Peeples, 1974; Foster y McQueen, 1977; Gowda y col., 1977; Ramakrishna y col., 1977; Mitterer y col., 1981), clorotalonilo (TU, 1993) y metalaxyl (Finkelstein y Golovleva, 1988).

Mitterer y col. (1981) subrayaron una inhibición temporal de la producción de CO₂ debido a mancozeb; Doneche y col. (1983) observaron un fuerte deterioro de la respiración del suelo, en un período mínimo de un mes, después de la aplicación de este fungicida. Según investigaciones de Malkomes (1991) el principio activo causaba una ligera inhibición de la actividad de las deshidrogenasas utilizando una dosis usual; al aumentar la dosis, el efecto inhibitor no aumentó de manera significativa. Los nitrificantes reaccionaron de manera muy sensible frente a mancozeb (Doneche y

col., 1983; Torstensson y col., 1992). La frecuencia de aplicación de mancozeb, sobre todo en la variante I, hace que la reducción de las actividades microbiológicas se deba en parte a este fungicida.

Dado que las sustancias activas fueron aplicadas en mezclas, los efectos inhibidores de las sustancias individuales no se pudieron valorar. Auspurg (1986) observó que en la aplicación de una serie de inyecciones, los efectos inhibidores y estimulantes de las sustancias activas individuales se pueden compensar. Además, al encontrarse en el suelo, estas sustancias podían influir en su actividad y persistencia (Simon-Sylvestre y Fournier, 1979).

A causa del cultivo intensivo durante todo el año en la zona investigada, se podría llegar a producir un daño permanente e irreversible en la microflora del suelo. Para probar esta hipótesis, sería necesario una investigación a largo plazo. Sin embargo, lo que ahora se requiere es el desarrollo de conceptos para lograr convencer a los productores de esta zona de que reduzcan la intensidad de aplicación de plaguicidas y eviten así un daño irreversible de la vida del suelo y también de otras partes del sistema agroecológico.



CONCLUSIONES

De los resultados de campo se concluye lo siguiente:

- La actividad microbial reacciona de manera significativa a los sistemas de protección fitosanitarios locales.
- Las reacciones de las actividades microbiales a las diferentes intensidades de aplicación son notables.
- Las aplicaciones de plaguicidas en la zona de Cerro Punta representan un factor de estrés para los microorganismos del suelo.
- Aún cuando el rendimiento con el sistema de aplicación intensivo fue el mejor y no parece haber influencias negativas sobre la producción, deben desarrollarse conceptos que reduzcan el uso de plaguicidas y eviten un posible daño del suelo a largo plazo.
- Estos resultados pueden ser de utilidad en el desarrollo de métodos sencillos para la evaluación de efectos adversos de los pesticidas.

BIBLIOGRAFÍA

- ALEF, K. 1991. Methodenhandbuch Bodenmikrobiologie. Ecomed-Verlag, Landsberg/Lech. 117 p.
- AUSPURG, B. 1986. Verhalten und Nebenwirkungen von Igran (Terbutryn) - allein und in einer Pflanzenschutzmittel - Spritzfolge im Boden. Diss. Univ. Göttingen. 150 p.
- BOUYOUCOS, C. 1950. Recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agronomy Journal 43: 434-439.
- CONGREGADO, F.; SIMON-PUJOL, D.; JUÁREZ, A. 1979. Effect of two organophosphorus insecticides on the phosphate - dissolving soil bacteria. Appl. Environ. Microbiol. 37: 169-171.
- DONECHE, B.; SEGUIN, G.; RIBEREAU - GAYON, P. 1983. Mancozeb effect on soil microorganisms and its degradation in soils. Soil Science 135: 361-366.
- FINKELSTEIN, Z.I.; GOLOVLEVA, L.A. 1988. Effect of regular application of pesticides on nitrogen bacteria. Zbl. Mikrobiol. 143: 453-456.



- FOSTER, M.G.; McQUEEN, D.J. 1977. The effects of single and multiple application of benomyl on non-target soil bacteria. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 17: 477-484.
- FRIEDEL, J.K.; MÖLTER, K.; FISCHER, W.R. 1994. Comparison and improvement of methods for determining the dehydrogenase activity of soils with triphenyltetrazolium chloride and idonitrotetrazolium chloride. Biol. Fertil. Soils 18: 291-296.
- GOWDA, T.K.S.; RAO, V.R.; SETHUNATHAN, K.A.H. 1977. Heterotrophic nitrification in the simulated oxidized zone of a flooded soil amended with benomyl. Soil Science 123: 171-175.
- GRANT, I.F. 1988. Appropriate technology for monitoring environmental effects of insecticides in the tropics. In Field methods for the study of environmental effects of pesticides, BCPC Mono No. 40, Thornton Heath, UK. pp. 147-153.
- HELWEG, A. 1973. Influence of the fungicide benomyl on microorganisms in soil. Tidsskr. PlAvtl 77: 375-384.
- HOFER, I.; BECK, TH.; WALLNÖFER, P. 1971. Der Einfluss des Fungizids Benomyl auf die Bodenmikroflora. Z. PflKrankh. PflSchutz 78: 398-405.
- JÄGGI, W. 1976. Die Bestimmung der CO₂-Bildung als Mass der bodenbiologischen Aktivität. Schweizerische landwirtschaftliche Forschung 15: 371-380.
- JUNNILA, S.; HEINONEN-TANSKI, H.; ERVIÖ, L.R.; LAITINEN, P. 1993. Phytotoxic persistence and micro biological effects of metribuzin in different soils. Weed Res. 33: 213-223.
- KANDELER, E. 1988. Aktuelle und potentielle Nitrifikation im Kurzzeitbebrütungsversuch. VDLUFA - Schriftenreihe 28: 921- 931.
- MADER, TH. 1993. Auswirkungen einer praxisüblichen Anwendung von Gardoprim (Therbuthylazin) auf mikrobielle und biochemische Stoffumsetzungen sowie sein Abbauverhalten im Feld-und Laborversuch. Diss. Univ. Hohenheim. 145 p.



- MALKOMES, H.P. 1985. Einfluss eines Fungizids und dessen Kombination mit einem Phospholipid auf bodenbiologische Aktivitäten unter Labor- und Gewächshausbedingungen. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz 37: 59-63.
- MALKOMES, H.P. 1991. Untersuchungen zur Eignung der Dehydrogenaseaktivität als Indikator für Pflanzenschutzmittel - Wirkungen auf Bodenmikroorganismen. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz 43: 209-215.
- MALKOMES, H.P.; WÖHLER, B. 1983. Vergleich von Testverfahren zur Erfassung einiger Nebenwirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Bodenmikroorganismen am Beispiel eines Herbizids. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz 35: 86-92.
- MARSH, J.A.P.; DAVIES, H.A.; GROSSBARD, E. 1977. The effect of herbicides on respiration and transformation of nitrogen in two soils. I. Metribuzin and glyphosate. Weed Res. 17: 77-82.
- MITTERER, M.; BAYER, H.; SCHINNER, F. 1981. Der Einfluss von Fungiziden auf die mikrobielle Aktivität eines Bodens. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 144: 463-471.
- PEEPLES, J.L. 1974. Microbial activity in benomyl-treated soils. Phytopathology 64: 857-860.
- POHL, K.; MALKOMES, H.P. 1990. Einfluss von Bewirtschaftungssintensität und Verunkrautung auf ausgewählte mikrobielle Parameter im Boden unter Freilandbedingungen. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderheft 12: 379-388.
- RADANACHLESS, T. 1986. Mikrobielle Aktivität im Boden unter dem Einfluß von Kulturpflanzen und Unkraut. Diss. Univ. Gießen.
- RAMAKRISHNA, C.; GOWDA, T.K.S.; SETHUNATHAN, N. 1977. Effect of benomyl and its hydrolysis products, MBC and AB, on nitrification in a flooded soil. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 21: 328-333.
- ROSS, D.J.; SPEIR, T.W. 1984. Changes in biochemical activities of soil incubated with the nematocides oxamyl and fenamiphos. Soil Biol. Biochem. 17: 123-125.



- SCHLICHTING, E.; BLUME, H.P. 1966. *Bodenkundliches Praktikum*. Paul Parey Verlag, Hamburg, Berlin. 165 p.
- SCHUSTER, E. 1988. Einfluß von Pflanzenschutzmittel-Spritzfolgen und-kombinationen auf die mikrobiologische Aktivität des Bodens. Freiland-und Laborversuche. Diss. Univ. Trier. 175 p.
- SIMON-SYLVESTRE, G.; FOURNIER, J.C. 1979. Effects of pesticides on the soil microflora. *Adv. Agron.* 31: 1-92.
- THALMANN, A. 1968. Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenase-aktivität im Boden mittels Triphenyl-tetrazoliumchlorid (TTC). *Landw. Forschg.* 21: 249-258.
- TORSTENSSON, L.; STENBERG, B.; STENSTRÖM, J. 1992. Determination of ammonium oxidation, a rapid method to test chemical influence on nitrification in soil. *In Proceedings of the international symposium on environmental aspects of pesticide microbiology*. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. pp. 49-54.
- TU, C.M. 1980. Influence of pesticides and some of the oxidized analogues on microbial populations, nitrification and respiration activities in soil. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 24: 13-19.
- TU, C.C. 1981a. Effects of some pesticides on enzyme activities in an organic soil. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 27: 109-114.
- TU, C.M. 1988. Effects of selected pesticides on activities of invertase, amylase and microbial respiration in sandy soil. *Chemosphere* 17: 159-163.
- TU, C.M. 1993. Effect of fungicides, captafol and chlorothalonil, on microbial and enzymatic activities in mineral soil. *J. Environ. Sci. Health. B.* 28: 67-80.
- VLASSAK, K.; LIVENS, J. 1975. Effect of some pesticides on nitrogen transformations in soil. *Science of the Total Environment* 3: 363-372.
- VONK, J.M.; BURUG, D. 1987. Laboratory measurements on soil respiration. *In Pesticide effects on soil microflora* (L. Somerville; M. P. Greaves, eds.); Taylor y Francis, London, UK. pp. 61-68.