

EFECTOS ALELOPATICOS DE *Rumex Crispus L.* sobre *Pissum Sativum L.*

Luis Francisco Moreno B. (1)

RESUMEN

Se investigaron los efectos alelopáticos de *R. Crispus* sobre *P. sativum* mediante 3 ensayos: el primero consistió en incorporar residuos de diferentes partes de la maleza a un cultivo de arveja; los otros dos, en aplicar extractos acuosos y etéricos, en diferentes concentraciones, a semillas de arveja puestas a germinar. El estudio se realizó bajo un diseño completamente al azar en parcelas divididas. El efecto se evaluó mediante la varianza y pruebas de Desviación Standard Media (DSM). Se halló que la maleza inhibe la germinación, afecta el crecimiento y aspecto de la radícula e incrementa el crecimiento y acumulación de biomasa. Se concluye que la planta presenta alelopatía, mediante inhibidores presentes en las hojas. Esta investigación es de utilidad práctica en manejo de agroecosistemas. Por su carácter preliminar, plantea nuevas investigaciones que deberán hacerse para completar la información adquirida.

La alelopatía es cualquier efecto que una planta ejerce sobre otra a través de la liberación de compuestos químicos, ya sea estimulando su germinación, crecimiento y desarrollo, o inhibiéndolos, caso más frecuente (CIAT, 1979).

Este proceso ocurre ampliamente en comunidades naturales, y es en parte el responsable de la densidad de muchas especies. (Altieri *et al.*, 1977).

Rumex crispus, la maleza sobre la cual se hace el presente estudio es la más perjudicial en cultivos de clima frío (Beltrán y Amaya, 1966). También es la predominante en cultivos de hortaliza en la Sabana de Bogotá, después de *Amarantus híbridae* (Romero y Riveros, 1974). Su presencia en potreros de pastoreo es común e incide en la productividad ganadera (ICA, 1971). Muy poco se conoce en el país acerca de sus hábitos de crecimiento o su ciclo de vida. En consecuencia, su control como maleza es difícil.

(1) Biólogo, Universidad Nacional de Colombia
Cra. 114 No. 25-21, Bogotá, D.E.

Con el presente estudio se contribuye a conocer un aspecto que explica parte de su agresividad, ya que los efectos alelopáticos que presenta, junto con su fácil propagación asexual (por rizomas y fragmentos de tallos) y sexual (por numerosas semillas), su carácter perenne, su rápido desarrollo, su resistencia a condiciones climáticas extremas (heladas por ejemplo) le confieren la agresividad característica.

El presente es un estudio preliminar, en el cual se evidencia la existencia de inhibidores de la germinación y de las primeras etapas del desarrollo de *Pisum sativum*, mediante la aplicación de residuos y extractos de diferentes partes de la maleza, a semillas de esta leguminosa.

Dado el carácter preliminar de este estudio, se dan recomendaciones para completar la investigación, la cual puede ser útil en el desarrollo de un plan integrado de control biológico de malezas; programa valioso si se quiere tratar de evitar el uso de herbicidas, pero que requiere investigación masiva de alelopatía, por lo menos en malezas importantes.

La investigación se efectuó en el laboratorio e invernadero de fisiología vegetal del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en Mosquera, Cundinamarca.

METODOLOGIA

En algunos ensayos, se aplicó al suelo, directamente, residuos de tallos y hojas de *Rumex Crispus* en sitios donde se habían puesto a germinar semillas de *P. Sativum*.

En otros ensayos, se trataron semillas de *P. Sativum*, antes y durante la germinación, en condiciones de laboratorio, con extractos de la maleza. Las semillas de arveja eran de la variedad "charger", tratadas previamente con un antifungico.

Densidad de R. Crispus

Para saber la cantidad de maleza que se debería incorporar al suelo en donde se cultivó la leguminosa, se calculó su densidad de la siguiente manera: se seleccionó como zona de muestreo, un rastrojo en donde *R. crispus* era la especie dominante. La dominancia se refiere a que era la más notable de la comunidad por su cobertura, por el número de individuos y porque condicionaba el ambiente de las especies subordinadas en el seno de la comunidad densa del rastrojo. El tamaño del área de muestreo fue de 100 m².

Para ubicar las unidades de muestreo se utilizó un método aleatorio, mediante un plano de proyección del área en donde se colocaron puntos al azar sobre un sistema de coordenadas.

Los puntos se tomaron de una tabla de números aleatorios.

El tamaño de la muestra fue de 20 unidades muestrales que corresponde al tamaño en que la media de subconjuntos de unidades de muestreo minimizó la amplitud de la oscilación.

La densidad se expresó como número de plantas y biomasa fresca por área, en valores discriminados según la altura de la planta y la parte aérea y subterránea de la misma. Dicha discriminación es de importancia práctica si se quiere evaluar el efecto de la incorporación de la maleza al terreno arado con fines de cultivo.

ENSAYOS

Se efectuaron tres ensayos: el primero consistió en incorporar residuos de maleza a la tierra de cultivo. Los otros dos, en aplicar extractos acuosos y etéricos a semillas puestas a germinar y durante la germinación.

A su vez, cada ensayo se dividió en tratamientos, según se incorporaran residuos o se aplicaran extractos, por separado, de cada una de las partes de la maleza.

Primer ensayo: Incorporación de los residuos fresos de *R. crispus* a tierra con *P. sativum* cultivada.

Este ensayo contó con 4 tratamientos. Cada tratamiento se formó con 5 unidades germinativas (UG) repetidas. Cada UG consistió en una materia con las siguientes características: Area = 350 cm²; profundidad = 30 cm; capacidad = 2 kg de tierra seca.

Se efectuaron los siguientes tratamientos: Hojarasca = 8 g/UG; parte área = 148 g/UG; planta total = 448 g/UG.

El control consistió en tierra de cultivo sin maleza incorporada. La cantidad de material incorporado se basa en la densidad que se calculó a la maleza en floración. Dicho material se fraccionó y maceró a imitación de lo que sucede en el campo al arar y rastrillar un terreno en donde la maleza en estudio se presenta en la densidad calculada. La maceración también tuvo por objeto evitar que las yemas regeneraran las plantas y facilitar la liberación de sustancias.

En cada UG se sembraron 20 semillas de *P. sativum*, lo cual corresponde a la densidad normal de siembra calculada para esta variedad.

El efecto se evaluó mediante los siguientes registros promediados: Porcentaje de germinación, tiempo de germinación, longitud de la parte aérea, biomasa fresca y seca y aspectos biotipológicos (número de hojas, entrenudos, flores, frutos y clorosis).

Segundo ensayo: Aplicación de extractos acuosos de *R. crispus* a semillas de *P. sativum*.

Puesto que los residuos de maleza tuvieron efecto en la leguminosa, se procedió a un segundo ensayo en el que se usó sólo extracto acuoso, partiendo de la hipótesis de que el efecto inhibitorio es debido a sustancias liberadas durante la descomposición de la planta incorporada al suelo.

La parte aérea se separó en dos componentes: Hojas y tallos con el fin de examinar el efecto por separado. Este ensayo contó con 14 tratamientos. Cada tratamiento se formó con cinco UG, cada una formada por una caja de petri con papel absorbente (ambas cosas esterilizadas) con diez ml. del extracto acuoso de la maleza y 40 semillas de *P. sativum*.

Se efectuaron los siguientes tratamientos:

- Con extracto de parte subterránea = Dilución al 5%, al 25%, al 50% y sin diluir (100%).
- Con extracto de tallo = Diluciones como en el anterior caso.
- Con extracto de hoja = Diluciones como en el anterior caso.
- Con extracto de hojarasca = Dilución al 50% y concentración inicial (100%).

El control consistió en aplicar 10 ml. de agua no ionizada en lugar del extracto respectivo. Cada tratamiento contó con un control en igual cantidad de réplicas.

Los extractos correspondientes a los primeros tres tratamientos anteriores se prepararon como sigue: Maceración de 80 g de residuos; adición de 100 ml de agua no ionizada; agitación durante 60 horas; filtrado al vacío con papel Watman No. 1; centrifugación a 3000 rpm; dilución del sobrenadante a 5, 25 y 50% de la concentración inicial.

El extracto de hojarasca se preparó como sigue: maceración de 18 g de material; adición de 130 ml. de agua desionizada; agitación, filtrado y centrifugación como en el anterior caso; dilución del sobrenadante al 50% de la concentración inicial.

Durante el proceso experimental, ningún extracto permaneció almacenado en refrigeración más de dos días. Todas las unidades experimentales se distribuyeron al azar en un germinador, a 25°C, 97% de humedad relativa y total oscuridad. A los tres días se agregó 10 ml de agua desionizada de cada UG.

Evaluación

A los 8 días de efectuado el montaje se determinó: Porcentaje de germinación, tiempo de germinación, longitud radicular, aspecto y coloración radicular. El porcentaje de germinación y longitud radicular se evaluaron mediante análisis de varianza y pruebas de DSM para las significativas.

El diseño experimental fué completamente aleatorio.

Tercer Ensayo: Aplicación de extractos etéricos de *R. Crispus* a semillas de *P. sativum*.

Este ensayo se efectuó para extraer sustancias que normalmente no salen por arrastre con agua, pero que podrían liberarse al descomponerse la maleza. Este ensayo contó con 4 tratamientos, cada uno con 5 UG, formadas como en el anterior ensayo, excepto que en lugar de extracto acuoso se aplicó extracto etérico. Los tratamientos fueron: Extracto de parte subterránea, extracto de tallo, extracto de hoja y extracto de hojarasca. El control fue como en el anterior ensayo.

Los extractos se prepararon así: Aplicación de 100 ml de eter etílico 99,5% al bagazo resultante del macerado del segundo ensayo; filtración como en dicho ensayo; evaporación del filtrado a temperatura ambiente, para eliminar el eter; aplicación de 100 ml de agua desionizada al residuo resultante, para solubilizarlo; aplicación de 10 ml de la anterior solución a cada UG; todo lo demás como en el segundo ensayo, incluso la evaluación.

RESULTADOS

Densidad de la maleza

En la tabla 1 se muestra la densidad de la maleza, cuyo valor se tuvo en cuenta al incorporarla al terreno en donde se cultivó *P. sativum*. Se halló que el número de plantas por unidad de área decrece a medida que la planta aumenta en longitud, seguramente debido a la eliminación por competencia. La biomasa por unidad de área aumenta a medida que la maleza crece hasta los 80 cm. de longitud total. A 94 cm. la densidad fue de $0,92 \times 10^5$ plantas por Ha, valor comparable a la densidad reportada por el ICA (1971) para plantas de 95 cm. de altura de la parte aérea, la cual fue de $0,9 \times 10^5$ plantas por Ha.

No. de individuos /cm ²	Parte aérea		Parte subt.		Total kg/m ²
	Alt. kg/m ² (cm)		Long. kg/m ² (cm)		
9	94	4,9	44	10	15
18	38	5,4	42	9,8	15
426	25	1,2	11	0,3	1,5
792	8	0,5	7	0,1	0,5

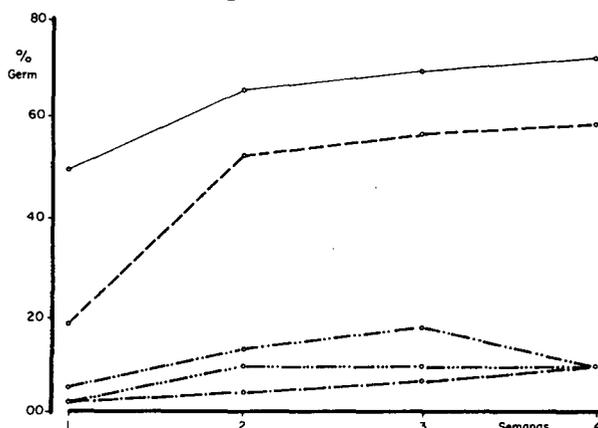
Tabla 1: Densidad media de población de *R. crispus* (No. de individuos y peso fresco por área.

La densidad de la maleza fue un cálculo para terrenos recientemente cosechados y abandonados, en donde la maleza es abundante y ha llegado a la floración. Debe tomarse como un promedio local para rastrojos de la Sabana de Bogotá.

Primer ensayo: Efecto de la incorporación de residuos frescos

-Porcentaje de germinación: la germinación fue inferior al 20% en tierra con residuos de partes subterráneas o áreas y de 70% en tierra con residuos de hojarasca. En tierra no tratada, la germinación fue del 80%. La drástica inhibición observada, se explica por las sustancias liberadas durante la descomposición de los residuos.

La hojarasca causó un efecto inhibitor menor, debido a una posible pérdida de inhibidores durante su descomposición parcial. El material fresco tuvo mayor efecto debido a que lleva en su totalidad los inhibidores. La diferencia de los efectos sugiere que la inhibición disminuye con el tiempo de exposición. Dicho de otra forma, el efecto inhibitor tiene un tiempo de persistencia tal, que cuando el material fresco se ha descompuesto durante un tiempo igual al tiempo de descomposición necesario para que las hojas lleguen al estado de hojarasca, su efecto se ha reducido, ya que no inhibe sino al 30% de las semillas (Fig. 1).



- Tiempo de germinación: No se halló efecto sobre el tiempo de germinación.
- Longitud y biomasa: No hubo efecto sobre la longitud de las plantas que crecieron en tierra con residuos incorporados, durante las primeras 5 semanas, pero a partir de este tiempo adquirieron mayor longitud que las plantas control. Se exceptúan las plantas desarrolladas en tierra tratada con hojarasca.

En cuanto a la biomasa, se halló efecto positivo en las plantas desarrolladas en tierra tratada, según determinación efectuada por cosecha a las 9 semanas, cuando las plantas habían fructificado (Tabla 2). Las plantas desarrolladas en tierra con residuos de parte aérea y subterránea tuvieron un peso de 3 a 4 veces mayor que el control, siendo el peso de la raíz proporcionalmente mayor que el de la parte aérea.

TRATAMIENTOS	TOTAL	AEREA	RAIZ	FRUTO
Control	4,0/1,1	5,9/0,9	0,5/0,2	1,9
Subterránea	10,8/1,7	9,7/1,5	1,3/0,2	4,0
Aérea	17,7/3,0	14,5/2,6	3,2/0,4	6,1
Aérea y Subterránea	16,1/2,9	14,4/2,6	2,7/0,6	6,7
Hojarasca	7,5/1,4	6,4/1,1	1,1/0,3	2,7

Tabla 2: Biomasa fresca/seca, en gramos promedio por planta de *P. sativum* cosechada en tierra con residuos de *R. crispus* incorporada.

El incremento en longitud y biomasa adquirido por las plantas desarrolladas en tierra tratada pudo ser debido a que los inhibidores han atenuado su efecto sobre las plantas, o al mayor espaciamiento del que gozan por efecto de la reducción de la germinación. Esta idea es forzada por el hecho de que las plantas desarrolladas en tierra con residuos de hojarasca, eran tan numerosas como las plantas control. El mayor desarrollo de biomasa en las raíces de plantas tratadas, sugiere que los residuos o las sustancias que liberan, estimulan el crecimiento de la raíz más que de la parte aérea. Es posible también que los residuos reduzcan el espacio disponible para las raíces obligándolas a ramificarse y extenderse.

- Aspecto biotipológicos: No se halló efecto alguno con respecto al número o la forma de hojas, entrenudos, tallos, flores o frutos. Sólo se observó un retardo de 2 semanas en la floración. Durante las primeras tres semanas se presentó clorosis en plantas desarrolladas en tierra con residuos de parte aérea, así como tallos delgados y tendencia al arrosetamiento. Hacia la cuarta semana el efecto ya no era evidente, lo cual es un indicio más acerca del tiempo de persistencia del efecto inhibitor.

Segundo ensayo: Efecto de la Aplicación de extractos acuosos

- Efecto sobre la germinación: Los extractos de hoja y hojarasca tuvieron efecto inhibitor de la germinación, a cualquiera de las concentraciones usadas. El efecto inhibitor fue mayor entre más concentrado fue el extracto aplicado. Las diferencias entre los tratamientos y el control fueron altamente significativas a un nivel de probabilidad de 1,0. Se exceptúa el extracto de hojarasca diluido a la mitad de la concentración inicial, el cual presentó diferencias significativas a nivel de probabilidad de 0,05.

Los extractos de la parte subterránea y del tallo estimularon la germinación, pero las diferencias entre los tratamientos y el control no fueron estadísticamente significativas.

El presente ensayo, con respecto al anterior: a) muestra que el efecto es debido a sustancias inhibitoras; b) confirma el efecto inhibitor de la germinación debido a inhibidores presentes en hojas y hojarasca; c) confirma que existe un menor efecto inhibitor de la hojarasca con respecto a las hojas; d) aclara que el inhibidor se encuentra en las hojas pero no en el tallo; e) contradice el efecto inhibitor de la parte subterránea; f) muestra un efecto inhibitor menos pronunciado.

El hecho de que los extractos acuosos causaran un efecto inhibitor menos drástico que los residuos, podría ser debido a que en este último caso, además de los inhibidores, otros factores pudieron estar en juego. Por ejemplo es posible que los inhibidores expusieran las semillas a la acción de otros agentes presentes en la tierra de cultivo, los cuales serían inofensivos sin la acción previa de los inhibidores. El menor efecto causado por los extractos de la hojarasca confirmó que los inhibidores disminuyen su efecto con el tiempo de descomposición del material, ya sea porque se alteran o porque disminuyen en cantidad y calidad.

Debido a que el presente ensayo negó la existencia de inhibidores en las partes subterráneas de la maleza, con respecto al ensayo anterior, se repitieron los tratamientos, con idénticos resultados. Es posible que la descomposición parcial de los residuos genere inhibidores que inicialmente no se hallaban presentes en el extracto acuoso.

- Efecto sobre el tiempo de germinación: no se halló efecto sobre el tiempo de germinación, pero en cambio hubo efecto inhibitor en la aparición de las primeras raíces, las cuales se retardaron hasta 4 días con respecto a las plantas control.

- Efecto sobre la longitud radicular: Extractos de hoja y hojarasca inhibieron la longitud radicular a cualquiera de las concentraciones usadas. El efecto fue mayor entre más concentrado fue el extracto. Estadísticamente, las diferencias de la longitud radicular entre el control y los tratamientos, resultaron altamente significativas, a un nivel de probabilidad de 0,01. Los extractos de tallo y parte subterránea también presentaron efecto inhibitor de la longitud radicular, pero las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Se desconocen las consecuencias que pueda traer para el posterior desarrollo de la planta, el efecto que los extractos acuosos produjeron en la radícula. Es posible que el efecto sea parcial y sólo opere mientras haya contacto con los inhibidores.

Esta idea es reforzada por el hecho de que el efecto sobre la radícula no se traduce en efecto evidente sobre las primeras raíces.

- Efecto sobre aspecto y coloración radicular: Los extractos de hoja y hojarasca causaron entorchamientos en la radícula, coloración café oscura y agrietamientos en la superficie radicular, en contraste con los demás tratamientos y el control, cuyas radículas fueron normales y de color blanco.

Tercer ensayo: Efecto de la aplicación de extractos etéricos

Ningún extracto con éter causó efecto significativo ni en la germinación ni en la radícula, a excepción del extracto de hojarasca, el cual redujo el porcentaje de germinación, a nivel estadísticamente significativo, con probabilidad de 0,01. Puesto que la hojarasca se caracteriza por un avanzado estado de descomposición con respecto a las hojas normales, los resultados de este ensayo sugieren que a medida que la planta se descompone, se van formando otras sustancias adicionales a las extraídas con agua, las cuales causan efecto inhibitor.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Queda evidenciado que el efecto inhibitor causado por residuos y extractos de *R. crispus*, sobre *P. sativum*, es debido a sustancias inhibitoras que son liberadas por descomposición de la maleza, las cuales se concentran en las hojas y hojarasca. Lo anterior significa que la maleza ejerce efecto alelopático, el cual a su vez refuerza la agresividad que caracteriza a esta

planta entre los cultivos, hipótesis planteada en desarrollo de esta investigación.

Se requiere ahora evaluar el proceso en el campo. En primer lugar, la presencia de inhibidores en la hojarasca, la cual continúa su proceso de descomposición una vez cae a tierra, y su consecuente liberación debe ejercer efecto inhibitorio en especies aledañas que compitan por sustrato, lo cual favorece su predominio entre las malezas. En segundo lugar, resulta lógico pensar que si la maleza es la más abundante en un rastrojo que se prepara para cultivar, la inclusión de este material, en forma parcialmente triturada y fragmentada, favorece su descomposición inicial y la consecuente liberación de inhibidores. Básicamente habría que evaluar 2 cosas: cuál es el efecto de los inhibidores en condiciones en las cuales la maleza se incorpora al terreno de cultivo junto con otras, y cual es la resistencia a los inhibidores ofrecida por otras especies u otras variedades de cultivo. Adicionalmente habría que investigar también la persistencia de los inhibidores según las condiciones de terreno, clima, así como su posible presencia en otras partes de la maleza, tales como flores, semillas y yemas.

Es probable que en un cultivo de *P. sativum* en el campo, después de arar e incorporar al terreno la maleza, a las condiciones de densidad estudiada, suceda lo siguiente: a) Reducción de la germinación hasta en un 50%; b) reducción de la densidad de cultivo; c) reducción del vigor de las plantas cultivadas, durante las primeras semanas; d) aumento del vigor de las plantas, como efecto de la reducción de la densidad, una vez transcurridas las primeras semanas.

Del presente estudio se derivan las siguientes recomendaciones prácticas en manejo de agroecosistemas: a) verificar los resultados que se reportan en el presente estudio, en condiciones de campo; b) identificar químicamente los inhibidores, separándolos por cromatografía u otros medios; c) evaluar el efecto inhibitorio en diferentes suelos; d) evaluar la acción microbiana sobre los inhibidores (y si estos son degradados o activados); e) medir la persistencia de los inhibidores; f) conocer la edad de la planta a la cual los inhibidores son más agresivos; g) evaluar la resistencia de los cultivos al efecto alelopático.

Finalmente, como medidas preventivas generales para cultivos con influencia de esta maleza, se aconseja no incorporar las partes aéreas de la maleza al terreno de cultivo, y en caso de hacerlo, esperar un tiempo prudencial hasta que la maleza incorporada se descomponga y libere gran parte de los inhibidores.

BIBLIOGRAFIA

- ALTIERI, M.A., C.H. LINARES, J.D. DOLL Y G. GIRALDO, 1977. Evidencia de Alelopatía en el trópico: Una nueva dimensión en el manejo de malezas. *Revista Comalfi* 4(1):45-53.
- BELTRAN, A. Y R. AMAYA. 1966. Distribución y reconocimiento de las malezas en el cultivo de cebada. Tesis de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Bogotá (Inédita).
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1979. Información Básica sobre la competencia entre las malezas y los cultivos. Guía de estudio. Coordinación de Producción: Cilia L. Fuentes, Asesoría Científica: Jerry Doll, Cali, Colombia. 42 p. (Serie 045 W - 01-02).
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). 1970. Evaluación de Métodos de Control de malezas en potreros. Informe Anual del Programa de Fisiología Vegetal 44-48 pp., Bogotá.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). 1971. Informe Anual de Labores del Programa de Fisiología Vegetal.
- LITTLE, L.M. y F.J. HILLS. 1976. Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. Edit. Trillas, México.
- ROMERO, G. y M. RIVEROS. 1974. Control de Malezas en cebada. Informe Anual del Programa de Fisiología Vegetal, ICA