

Estudios sobre la emergencia larvaria de *Heterodera avenae*, nematodo parásito de cereales, en la Región Central

ALICIA VALDEOLIVAS, A. DUCE y M.^a DOLORES ROMERO

Se presentan los resultados de los estudios que se vienen realizando desde 1982, sobre la emergencia larvaria de *Heterodera avenae*, nematodo parásito de cereales en condiciones naturales y semicontroladas, así como la influencia de los factores ambientales sobre la misma.

ALICIA VALDEOLIVAS, A. DUCE y M.^a DOLORES ROMERO. Instituto de Edafología y Biología Vegetal. Serrano 115. Dupdo. C.S.I.C. 28006-Madrid.

INTRODUCCION

Desde 1982 se viene haciendo un estudio sobre la biología de *Heterodera avenae* en la Región Central, parte de cuyos resultados se presentaron al II Congreso Nacional de Fitopatología ROMERO, VALDEOLIVAS y LACASTA, 1983. Dado que la emergencia de larvas de 2º estadio procedentes del interior de los quistes es un aspecto fundamental del ciclo biológico de este parásito, hemos querido profundizar más en este tema, realizando una serie de experiencias en campo y en condiciones semicontroladas para determinar la influencia de los factores ambientales en dicho proceso cuyos resultados ofrecemos en el presente trabajo.

ANTECEDENTES

Las larvas que se encuentran en el interior de los «quistes» y que han sufrido una muda dentro de las cubiertas del huevo experimentan un período de reposo obliga-

torio antes de que tenga lugar la emergencia. Este fenómeno ha sido interpretado como una «quiescencia», en respuesta a las condiciones adversas del medio ambiente que termina con la aparición de otras más favorables para la eclosión de los huevos y subsiguiente emergencia de las larvas de 2º estadio, hasta que en 1976 EVANS y PERRY, llegan a la conclusión de que este período de reposo corresponde a una «diapausa» en que el desarrollo de las larvas se detiene y no vuelve a reanudarse hasta satisfacer ciertos requerimientos específicos, incluso aunque vuelvan las condiciones favorables. Por último, MYAGI 1982, considera que no está demostrado que la diapausa esté directamente relacionada con los factores ambientales, sino que es una condición aparentemente inherente.

De cualquier modo desde hace mucho tiempo se ha considerado que existen una serie de factores que según los autores condicionan o que de algún modo intervienen en la emergencia larvaria y que podemos agruparlos de la siguiente forma:

I. Factores climáticos

a) Humedad: Como todos los nematodos que viven en el suelo, las larvas de 2^o estadio de *H. avenae* necesitan una película de agua para moverse a través de los poros del suelo, que en condiciones normales es suministrada por el agua de lluvia.

b) Temperatura: Del estudio del ciclo biológico de *H. avenae* en diferentes países se deduce que existen dos tendencias: en los países del N. de Europa y Canadá las máximas emergencias se producen en primavera, mientras que en los de clima más templado de tipo mediterráneo se producen a finales de otoño o principios de invierno. De esto dedujo MEAGHER, 1970, que en las zonas donde las temperaturas de invierno son muy bajas *H. avenae* sufre una diapausa invernal, en contraste con los países del S. de Europa y Australia con veranos cálidos y secos, en los que las larvas sufren una diapausa estival y salen del quiste cuando bajan las temperaturas y comienzan las lluvias.

Los estudios experimentales que se han hecho para determinar las temperaturas a las que se produce la emergencia, no han dado resultados concluyentes, ya que pocas veces reproducen las condiciones naturales.

En 1979 RIVOAL, publica un trabajo sobre la biología de dos razas *H. avenae* existentes en Francia, una en el norte, con un comportamiento similar a la de los países del norte de Europa y Canadá, cuya temperatura óptima para la emergencia sería entre 10 y 15°C y otra en el sur de Francia, que se comporta como las de los restantes países mediterráneos y Australia, cuyas máximas emergencias coinciden con las temperaturas más bajas del suelo y son más débiles a medida que se aproximan a los 10°C.

II. Factores procedentes del suelo

El tamaño del poro que está relacionado

con la aireación y con la cantidad de agua que retiene el suelo tiene una influencia indirecta sobre la eclosión y emergencia.

Otros factores como el pH no parece que influya en estos fenómenos, aunque podría afectar a la vida de las larvas en el suelo.

III. Factores procedentes del hospedador

Así como en algunas especies de *Heterodera* y *Globodera*, la eclosión está enormemente influida por sustancias procedentes de las raíces de la planta hospedadora, en *H. avenae* los resultados en este sentido son contradictorios, así mientras HESLING, 1957 y KORT, 1972, afirman que dichas sustancias no tienen ninguna influencia sobre la eclosión, otros autores afirman lo contrario, entre estos WILLIAMS y BEANE, 1972 y KERRY y JENKINSON, 1976, que dicen que la eclosión varía con la especie de planta e incluso con la variedad, y SWARUP y GILL, 1972 en la India que comprobaron que las raíces de sorgo, maíz, cebada y trigo favorecen la eclosión de los huevos de *H. avenae* en la primera semana de experimento.

Esta disparidad en los resultados se debe como siempre a que los ensayos se han realizado en condiciones diferentes.

Aunque todas las condiciones sean favorables para la emergencia, no todas las larvas emergen el primer año, se calcula que sólo un 60% del contenido del quiste lo hace ANDERSEN, 1961, MEAGHER y ROONEY, 1966, quedando el resto en diapausa durante 2, 3 o hasta 5 años.

MATERIAL Y METODOS

Los estudios de campo se han realizado en la Finca Experimental «La Higuera» en Santa Olalla (Toledo), durante los años 1982-83 y 1983-84, en una parcela sembrada de trigo ANZA.

Durante los años 1983-84 y 84-85, se ha realizado una experiencia, el primer año en «La Higuera» y el segundo en el jardín del antiguo Instituto Español de Entomología, situado en Pinar, 19, Madrid, que consistió en la siguiente (Fig. 1):



Fig. 1.—Experiencia B (tubos de uralita).

Cuadro 1.—Experiencia A

Fecha de recuento	Temperaturas			P. mm.	Nº larvas
	Máx.	Med.	Mín.		
3-I-83	5,5	2,7	— 1	10,5	200
17-I-83	6	1,5	— 1	—	77
1-II-83	7	3	— 0,5	—	70
16-II-83	7,5	3,2	— 2	—	225
2-III-83	12	6,3	— 1	9,2	363
10-III-83	14,5	8,9	5,5	—	140
24-III-83	17,5	12,4	7,5	—	34
8-IV-83	18	10,9	6,5	46 (*)	3
22-IV-83	24,5	15,4	7	—	0
2-V-83	15	9,8	6	—	1
17-V-83	23	15,2	9	—	0
	21	13,2	9,5	—	
14-X-83	25,5	22,5	18	1	1
3-XI-83	21,5	17	10	15,4	6
17-XI-83	15,5	12,8	11,5	39	39
30-XI-83	14,5	12,8	10	17,6	48
13-XII-83	11	7,4	4	1	40
28-XII-83	10	7	3,5	58,9	97
16-I-84	7	4,2	1	24,6	172
31-I-84	9	5,6	2,5	17,5	174
14-II-84	9	5,9	3	—	161
2-III-84	8	4,6	1,5	21,3	57
14-III-84	10	5,5	3	3,9	36
27-III-84	9,5	6,3	3	47,7	29
11-IV-84	16	11,7	6,5	19,9	7
	17	14,2	11,5	26,4	

(*) Se regó debido a la sequía.

Fecha de recuento	Temperaturas			P. mm.	Nº larvas
	Máx.	Med.	Mín.		
26-IV-84					0
	19,5	14	10,5	58,2	
17-V-84					1
	19	16,7	10	34,3	
30-V-84					1
	27	16,6	12	45,6	

Se colocaron cilindros de uralita de 20 cm. de altura por 6 cm. de diámetro, abiertos por ambos extremos en un hueco de 50 cm. de profundidad, abierto en la tierra, cuyas paredes se recubrieron de plástico para evitar contaminación y se rellenó con una capa de 30 cm. de altura de tierra esterilizada en autoclave. Los cilindros se rellenaron con tierra infestada por *H. avenae* procedente de la parcela anteriormente citada. En cada uno de ellos se sembró una planta de trigo ANZA y todos los cilindros se rodearon a su vez de tierra estéril.

En ambos casos, cada 15 días se cogieron

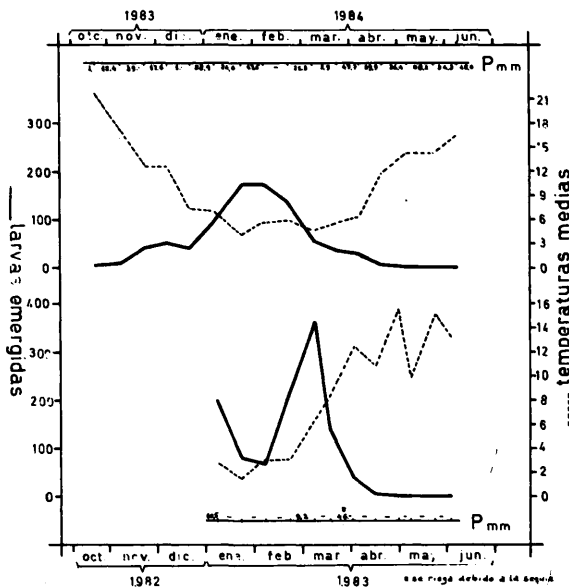


Fig. 2.—Experiencia «A».

Cuadro 2.—Experiencia B

Fecha de recuento	Temperaturas			P. mm.	Nº larvas
	Máx.	Med.	Mín.		
17-XI-83	15,5	12,8	11,5	39	6
30-XI-83	14,5	12,8	10	17,6	7
13-XII-83	11	7,4	4	1	19
28-XII-83	10	7	3,5	58,9	10
16-I-84	7	4,2	1	24,6	81
31-I-84	9	5,6	2,5	17,5	149
14-II-84	9	5,9	3	—	172
2-III-84	8	4,6	1,5	21,3	62
14-III-84	10	5,5	3	3,9	80
27-III-84	9,5	6,3	3	47,7	
11-IV-84	16	11,7	6,5	19,9	4
26-IV-84	17	14,2	11,5	26,4	1
17-V-84	19,5	14	10,5	58,2	0
30-V-84	19	16,7	10	34,3	2
6-XI-84	21	16,5	14	22,4	0
21-XI-84	20	14,1	13	126,4	2
7-XII-84	16	14,1	11	24,3	6
17-XII-84	14	12,7	11	5	26
4-I-85	13	10,4	9,5	1,9	29
18-I-85	10	6,6	5	20,3	8
1-II-85	12	8	5,5	47,5	2
18-II-85	13	11,1	10	41,2	2
4-III-85	14	10,8	10	4,5	1
20-III-85	15,5	11,2	9	3,4	0
1-IV-85	19	12,6	10	6	0
16-IV-85	20	13,3	11	8,4	0
29-IV-85	21	12,8	12	50	0

muestras de tierra, en la parcela con azada como se hace normalmente para nematodos y en el 2º caso, secando dos cilindros de uralita. vaciándolos y cogiendo una muestra

media. De la tierra se extrajeron las larvas por centrifugación en azúcar.

Las temperaturas se tomaron a 20 cm. de profundidad.

Cuadro 3.—Experiencia C

Fecha de recuento	Temperaturas Max. Med. Mín.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
14-XI-83 ..	18 16,6 16				2	1		2														
24-XI-83 ..	17 15,4 14	1		1					1									1				
5-XII-83 ...	16 14,2 11					2		2					5									5
16-XII-83 ..	14 10,6 9											2						1				4
28-XII-83 ..	14 10,9 9																					
5-I-84	14 10,2 7					6			1				5	1	1							
16-I-84	12 8,6 5					6							3		1							
26-I-84	13 9,8 6					6		3					13		2							
6-II-84	13 8,9 5					9		3					16									
16-II-84 ...	14 9,8 5		2		12	13							12		1							20
27-II-84 ...	14 9,2 5				8	13							11		3							8
8-III-84 ...	14 9,2 5				3	4							15		2							9
16-III-84 ..	14 8,6 5					1						5										
27-III-84 ..	14 7,8 5					1							1									1
6-IV-84 ...	14 9,6 4																					
16-IV-84 ..	16 11,8 10		1					2					12		1							1
26-IV-84 ..	20 15,2 12				1	2			1	1			11									18
7-V-84	20 16 13							1						34								11
Número de larvas emergidas/quiste	20 14,2 11													2								
Número de larvas no emergidas	1	2	3	3	56	41	6	1	1		7	130	0	11				2				77
Número total de larvas/quistes		0	0	0	86	0	0	0	2	0	0	141	0	270	25	0	00	0	0			0
% de emergencias		2	3	3	142	0	41	6	1	3	0	7	271	0	281	225	0	20	0			77
		100	100	100	39,5	0	100	100	100	33	0	100	47,9	0	3,9	0	0	1000	0			100

Cuadro 3 (cont.).—Experiencia C

Fecha de recuento	Temperaturas																							
	Max.	Med. Mín.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
26-X-84 ...	21	18,4	14																					
5-XI-84 ...	20	16,4	13																					
15-XI-84 ..	16	14,8	12																					
26-XI-84 ..	16	13,8	11																					
7-XII-84 ...	14	12,8	11																					
17-XII-84 ..	14	12,5	10																					
27-XII-84 ..	12	11	9																					
7-I-85	10	9,9	5																					
17-I-85	10	5,6	5,5	1																				
28-I-85	13	8,2	8			8	3	68				7	42	16							2	1		
7-II-85	13	10,2	10	2																				
19-II-85 ...	14	11,3	10	9																				
28-II-85 ...	14	10,6	9	1																				
11-III-85 ..	15,5	11,7	9																					
21-III-85 ..	19	12,6	9,5	1	1																			
1-IV-85 ...	18	13,7	11,5																					
11-IV-85 ..	21	15,1	10,5																					
22-IV-85 ..	20	16,8	13	1																				
29-IV-85 ..	20	15,6	12,5																					
10-V-85 ...																								
Nº de larvas emergidas/quiste			2	13	9	23	68	455	4	10	80	276	83	2							10	3		
Nº de larvas no emergidas			208	173	141	296	128	221	0	100	0	292	191	102	183	137	0	263	207	0				
Nº total de larvas/quiste			210	186	141	305	151	289	455	104	10	372	467	185	185	137			263	217	3			
%de emergencia			0	6,9	0	2,9	15,2	23,5	100	3,8	100	21,5	59,7	44,8	0	0			0	4,6	100			

Los análisis del suelo mostraron que se trata de un suelo arenoso franco.

Al mismo tiempo que estos experimentos en condiciones naturales o seminaturales se han realizado durante los años 1983-84 y

1984-85, otros experimentos para valorar solamente la influencia de la temperatura, como explicamos a continuación:

Los quistes extraídos de la tierra a finales de junio se dejaron en agua durante dos meses

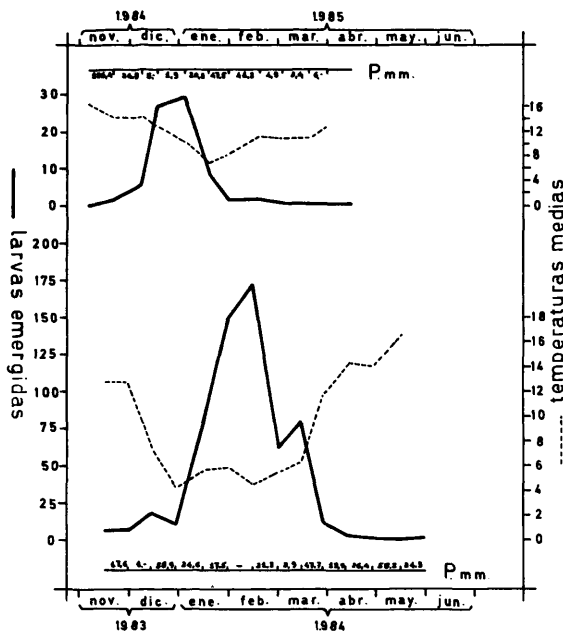


Fig. 3.—Experiencia «B».

a una temperatura constante de 20°C. A mediados de octubre se coloca cada quiste en agua destilada dentro de una ampolla de vidrio terminada en un pincho que se introduce en tierra en un hueco de 20 cm. de profundidad. A la misma altura se coloca la sonda de un termómetro con registro de temperatura. Cada diez días se sacan las cápsulas, se cuenta el número de larvas que han emergido y se vuelve a poner en tierra.

RESULTADOS

Los resultados que pueden verse en los cuadros 1, 2 y 3 y en las figuras 2 y 3, podemos resumirlos de la siguiente forma: (Llamaremos experiencias A, B y C a las realizadas en parcela, tubos de uralita y cápsulas de vidrio, respectivamente).

Experiencia A

1982-83	1983-84
Emergencia del. al 8-IV	Emergencia del 3-XI al 11-IV

T. máximas: 5,5-18°C	T. máximas: 7-21,5°C
T. mínimas: -2-7,5°C	T. mínimas: 1-11,5°C
T. medias: 1,5-12,4°C (*)	T. medias: 4,2-17°C
Máxima emergencia del ... al 10-III	Máxima emergencia del 28-XII al 2-III
T. máximas: 5,5-14,5°C	T. máximas: 7-10°C
T. mínimas: -1-5,5°C	T. mínimas: 1-3°C
T. medias: 1,5-8,9°C	T. medias: 4,2-7°C

Experiencia B

1983-84	1984-85
Emergencia del 17-XI al 11-IV	Emergencia del 21-XI al 4-III
T. máximas: 7-16°C	T. máximas: 10-20°C
T. mínimas: 1-11,5°C	T. mínimas: 5-13°C
T. medias: 4,2-12,8°C	T. medias: 6,6-14,1°C
Máxima emergencia del 16-I al 14-III	Máxima emergencia del 7-XII al 18-I
T. máximas: 7-10°C	T. máximas: 10-16°C
T. mínimas: 1-3°C	T. mínimas: 5-11°C
T. medias: 4,2-5,9°C	T. medias: 6,6-14,1°C

Experiencia C

1983-84	1984-85
Emergencia del 14-XI al 26-IV	Emergencia del 7-XII al 1-IV
T. máximas: 12-20°C	T. máximas: 10-19°C
T. mínimas: 4-16°C	T. mínimas: 5-11°C
T. medias: 7,8-16,6°C	T. medias: 5,6-13,8°C
Máxima emergencia del 28-XII al 27-II y del 16-III al 16-IV	Máxima emergencia del 17-XII al 19-II
T. máximas: 12-14°C; 14-20°C	T. máximas: 10-14°C
T. mínimas: 5-9°C; 4-12°C	T. mínimas: 5-11°C
T. medias: 8,6-10,9°C; 7,8-15,2°C	T. medias: 5,6-12,8°C

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Como puede verse, los resultados son bastante homogéneos en las tres experiencias

(*) Para el cálculo de la temperatura media se han considerado periodos de seis horas y se ha obtenido la media ponderada.

en cuanto al período de emergencia que se extiende desde el mes de noviembre hasta el de abril.

Tenemos que resaltar que la emergencia en la experiencia B, correspondiente al año 1984-85 fue muy baja porque se partió de una tierra muy poco infestada a pesar de que se cogió de la misma parcela que las otras. Esto se debe a que la infestación por *H. avenae* tiene lugar en forma de focos, de modo que puede haber grandes diferencias entre poblaciones encontradas en dos puntos próximos.

Otra cosa que llama la atención es que en la experiencia C, del año 1983-84, después de una emergencia continua que dura hasta mediados de febrero se observa una segunda casi más intensa desde primeros de marzo hasta mediados de abril, posiblemente debido a que las temperaturas mínimas se mantuvieron muy bajas durante todo el mes de marzo.

Por lo que respecta a las temperaturas a las que se produce la emergencia, dando que se trata de un ciclo mediterráneo, ésta está condicionada a las temperaturas bajas y así podemos observar que las máximas emergencias se dan con las temperaturas mínimas más bajas y en todo caso que no sobrepasen los 11-12°C. Esto coincide con los descritos por RIVOAL 1979, para la raza sur de Francia y ambas serían más bajas que las descritas para las razas tanto de países más

fríos WILLIAMS y BEANE, 1972 en Gran Bretaña entre 10 y 15°C; RIVOAL 1979, para la raza norte de Francia entre 10 y 15°C, como de países más cálidos (SWARUP y GILL 1972, en la India de 20 a 22°C, BHATTI y MALHAN 1982, también en la India entre 15 y 20°C).

Una cosa que no queda clara es la influencia de la humedad en la emergencia, ya que en el año 1982-83, en que la pluviosidad fue escasísima es, en el que se han registrado las máximas emergencias.

En el cuadro 3, vemos que el contenido en larvas dentro de los quistes es muy variable así como el porcentaje de emergencia. Esto se debe a que la edad de los quistes es diferente, así, por ejemplo, en la cápsula número 14 del año 83-84, apenas hubo emergencia y en la 15 no la hubo en absoluto, a pesar de que el contenido de los quistes era abundante porque se trataba de quistes viejos, en los que por una circunstancia desconocida habían quedado muchos huevos en su interior, esto se pudo comprobar al romperlos porque los huevos presentaban un aspecto envejecido.

AGRADECIMIENTOS

Queremos manifestar nuestro agradecimiento a don Carlos Lacasta Dutoit por la extraordinaria ayuda prestada en todas las experiencias realizadas en la finca «La Higuera».

ABSTRACT

VALDEOLIVAS, A., DUCE, A. y ROMERO, M. D.: Estudios sobre la emergencia de *Heterodera avenae*, nematodo parásito de cereales en la Región Central. *Bol. Serv. Plagas*, 11: 59-67.

The results of the studies carried out since 1982, about larval emergence of *H. avenae* under natural and semi-controlled conditions, as well as the influence of environmental factors on it, are presented on this paper.

REFERENCIAS

ANDERSEN, S., 1961: *Resistens mod havreal*. Dissertation Kongelige Veterinaer-og Landbrugets Plantekultur Copenhagen. Pags. 68, 179.

BHATTI, D. S. and MALHAN, I., 1982: Effect of the tem-

perature on larval emergence from cysts of *Heterodera avenae*. *Indian Journal of Nematology*, 12 (1): 73-78.

EVANS, A. A. F. and PERRY, R. N., 1976: Survival stra-

- tegies in Nematodes. *The Organization of Nematodes* (Croll, N. A. ed.). Acad. Press London. New York, 383-424.
- HESLING, J. J., 1957: *Heterodera major* O. Schmidt, 1930 on cereals a population study. *Nematologica*, 2 (4): 285-299.
- KERRY, B. R. and JENKINSON, S. C., 1976: Observations on emergence, survival and root invasion of second stage larvae of the cereal cyst-nematode *Heterodera avenae*. *Nematologica*, 22: 467-474.
- KORT, J., 1972: Nematode disease of cereals of temperate climates in. J. M. Webster (Ed.) *Economic Nematology* Academic Press, 97-108.
- MEAGHER, J. W. and ROONEY, D. R., 1966: The effect of crop rotations in the Victoria Wimmera on the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) nitrogen fertility and wheat yield. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*, 6: 425-431.
- MYAGI, E., 1982: Hatching of the larvae of *Heterodera avenae*. *Biologia*, 31 (1): 15-21.
- RIVOAL, R., 1979: Biologie d'*Heterodera avenae* Wollenweber en France. II. Etude des differences dans les conditions thermiques d'eclosion des races Fr1 et Fr4. *Rev. Nematol.*, 2 (2): 233-248.
- ROMERO, M.^a D., VALDEOLIVAS, A. y LACASTA, C. Estudio comparativo del ciclo biológico de *Heterodera avenae*, nematodo parásito de cereales en áreas naturales y cultivadas de la Región Central. *Actas del II Congreso Nacional de Fitopatología* (en prensa).
- SWARUP, G. and GILL, J. S., 1972: Factors influencing emergence of larvae from cysts of *Heterodera avenae* Woll., 1924. *Ind. J. of Exp. Biol.*, 10 (3): 219-233.
- WILLIAMS, T. D. and BEANE, J., 1972: Effect of temperature and root exudates on *Heterodera avenae* hatch. In *Rep. Rothamsted Exp. Stn.*, for 1971. Part. 1: 171-172.