

INFLUENCE DE LA PLANTE-HOTE SUR LA DURÉE DU CYCLE
DE DÉVELOPPEMENT ET SUR LE NOMBRE DE GÉNÉRATIONS
DE *HETERODERA SCHACHTII* SCHMIDT⁽¹⁾

par
G. GRUJICIC

L'anguillule de la betterave, qui se développe généralement sur des plantes appartenantes aux familles des Chenopodiaceae et des Cruciferaeae, attaque particulièrement la betterave à sucre, la betterave fourragère, la betterave rouge, la navette et le chou (Boldirev 1936, Filipjev, Schuurmans-Stekhoven 1941). La culture la plus sensible est, sans doute, la betterave à sucre, tandis que la navette et le chou apparaissent moins infestés et ne montrent que peu de symptômes. L'évolution même du parasite a un cours différent chez les crucifères (Cruciferaeae) et chez la betterave à sucre (Chenopodiaceae), ce qui peut s'expliquer par le rythme de développement de ces plantes. Les plantes à la racine dure, comme beaucoup de crucifères dont les racines se lignifient plus vite, ralentissent dans une mesure considérable son évolution et le nombre de générations annuelles est fortement diminué (Goffart, 1954 et 1956). Le développement du parasite dépend aussi de l'époque de la culture, de la température, ainsi que d'autres facteurs.

L'anguillule de la betterave peut aussi se propager et vivre sur des plantes appartenantes à d'autres familles. Parmi les mauvaises herbes, Goffart (1954) signale *Stellaria media* (L.) Cyrill de la famille des Caryophyllaceae, tandis qu'Oostenbrink (1954), outre les plantes des familles de Chenopodiaceae et Cruciferaeae, cite encore des espèces appartenantes aux familles de Polygonaceae, Caryophyllaceae,

(¹) Influence of the host on the life cycle and number of generations of *Heterodera schachtii* Schmidt.

Amaranthaceae, Portulacaceae, Papilionaceae [*Sesbania exaltata* (Raf.) Cory et *Vigna sinensis* Endl.], comme pouvant servir de plantes-hôtes au parasite.

Dans d'autres pays, diverses plantes appartenantes à ces autres familles se présentent aussi comme plantes-hôtes; ainsi, par exemple, Heling cite, pour les Pays-Bas, *Phaseolus vulgaris* L., ce qui n'a pas été constaté ailleurs (Goffart, 1954). Le nombre de ses hôtes, connus jusqu'à présent, atteint environ 150, ce qui ne veut d'ailleurs pas dire que toutes ces plantes doivent être attaquées partout et, par conséquent aussi chez nous, par l'anguillule de la betterave, puisqu'il peut y avoir de grands écarts selon les régions. Ensuite, il est d'une grande importance de savoir s'il s'agit d'un parasitisme régulier ou bien d'un parasitisme accidentel, limité uniquement à la présence de kystes exceptionnels.

Une publication récente cite les résultats d'un essai obtenu dans les conditions artificielles où toutes les *Beta* se sont comportées comme de bons hôtes assez équivalents, avec toutefois de légères différences selon les variétés. Quelques crucifères ont été des hôtes encore meilleurs, permettant une reproduction plus abondante et plus rapide et accusant nettement, dans leur végétation, l'attaque dont ils étaient l'objet (Ritter *et al.*, 1968).

Nous avons entrepris des recherches expérimentales au laboratoire, pour préciser les qualités véritables d'hôtes d'une série de plantes, sur lesquelles le parasite a été observé.

Les expériences avec les jus obtenus par pression des racines de certaines plantes cultivées (betterave à sucre, betterave fourragère, navette, betterave rouge, chou vert, chou-fleur, chou-rave), ont montré que l'éclosion des larves et leur sortie des kystes sont particulièrement intenses avec le jus de la betterave à sucre et bien moindre avec celui de la betterave fourragère. Les jus extraits des racines de la betterave rouge et du chou, produisent également un effet stimulant, mais beaucoup plus faible. L'effet stimulant de ces jus sur l'éclosion des larves peut être rangé dans l'ordre suivant: betterave à sucre, betterave fourragère, chou, betterave rouge, chou-fleur, chou vert, chou-rave (Grujicic, 1958, 1959, 1964). Avec des jus d'autres plantes, telles que pomme de terre, carotte, oignon, haricot, pois, persil, piment, tomate, laitue, courge, pastèque, melon, houblon, chanvre, luzerne, trèfle, froment, seigle, avoine, orge, maïs, hélianthe et tabac, aucun résultat n'a été obtenu, les larves n'étant ni sorties des kystes, ni écloses.

Parmi les plantes spontanées, la plus grande éclosion des larves a été provoquée par les jus de racines de *Chenopodium album* L. et, à un moindre degré, par ceux de *C. hybridum* L., tandis que *S. media* ne stimulait que quelques individus isolément. L'effet stimulant de ces plantes est considérablement inférieur à celui des plantes cultivées, précédemment citées, mais il indique tout de même une aptitude d'hôte suffisante pour maintenir une population du parasite dans le sol infesté (Grujicic, 1964).

Les opinions diffèrent et divergent quant au nombre de générations annuelles de l'anguillule de la betterave. Goffart (1951) cite pour l'Europe Centrale deux générations, la première au mois de Juin-Juillet et la seconde en Août-Septembre, tandis que Wallace (1956) mentionne l'éclosion des larves, même au mois de Septembre et que Duggan (1959) considère que le parasite peut avoir 2-3 générations mettant en relief le fait que le nombre de kystes de la troisième génération est très petit. Nos recherches antérieures ont démontré que l'anguillule de la betterave sur la betterave à sucre peut avoir, chez nous, de trois à quatre générations (Grujicic, 1966).

Fréquemment, alors que l'attaque sur la betterave à sucre est très forte, le taux de parasitisme sur les autres hôtes est faible ou insignifiant. Certaines plantes ont alors fait l'objet de deux expériences en cases infestées pour établir leur qualité d'hôtes éventuel de l'anguillule de la betterave (expérience A) et pour préciser la durée du cycle de développement et le nombre de générations du nématode sur celles qui apparaîtraient comme de véritables hôtes (expérience B).

Materiaux et methodes

L'influence de la plante en qualité d'hôte sur l'éclosion des larves et sur leur pénétration dans la racine a été suivie dans des cases ou « microplots » (expérience A), tandis que le nombre de générations a été établi dans des pots (expérience B).

Expérience A

Dans cette expérience on a seulement suivi le comportement des plantes en qualité d'hôtes, la densité de population des larves

infestantes dans les plantes, puis la présence des femelles et des kystes entièrement formés. L'expérience a été effectuée dans des cases de 1 m² (une pour chacune des 38 espèces de plantes étudiées). La case a été divisée en deux parties de 0,5 m² chacune, par une cloison en matière plastique, de sorte qu'une partie a été infestée, tandis que l'autre servait de témoin. Avant les semis on a fait encore une fois une analyse qualitative du sol qui a confirmé l'absence des kystes et des larves de *Heterodera* spp. Les semis ont été faits au moment le plus propice pour chaque espèce. Des kystes provenant de la localité de Movin, âgés de 5 à 8 mois, en fonction du temps, de la date des semis, ont été utilisés pour les inoculations: c'étaient des kystes de la première génération, produits au mois de Juin ou dans la première moitié de Juillet de la même année ou de l'année précédente. La vitalité du contenu des kystes a fait l'objet d'un examen préalable, on a mis 2.500 kystes à contenu viable dans chaque moitié de case inoculée.

Expérience B

La durée du cycle de développement, ainsi que le nombre de générations pour les véritables hôtes ont été suivis dans des pots classiques. Ceux-ci ont été remplis de sol stérilisé et inoculés avec des kystes de 1ère génération, âgés de 7 à 8 mois, produits sur betterave à sucre l'année précédente. On a mis 150 kystes par kilogramme de sol, soit 1.050 kystes par pot de 7 kg, 50% des kystes ont été introduits au moment du semis et 50% 8 jours plus tard.

On a utilisé le même nombre de pots (40) pour chaque espèce végétale (10 en tout). Tous les semis, pour chaque plante-hôte particulière, ont été effectués simultanément. Seule une partie des pots a été infestée et les kystes obtenus, c'est-à-dire les kystes de la première génération, ont été transférés dans les pots préparés d'avance avec la plante-hôte et non infestés préalablement. Dans cette expérience on a prêté une attention spéciale:

1. Au développement des plantes ayant germé.
2. A l'aspect du système racinaire, relativement aux larves de *H. schachtii*.
3. A la présence éventuelle d'autres nématodes.
4. Au nombre de larves infestantes et à l'apparition de jeunes femelles et de kystes formés.

5. A l'aspect des parties épigées et souterraines des plantes dans les pots non infestés.

Ces observations ont porté sur les plantes ayant produit la première génération et sur les autres et les kystes formés ultérieurement ont été rassemblés.

L'une et l'autre de ces expériences ont été exécutées dans les conditions entièrement naturelles avec l'unique différence que, dans l'expérience B, la betterave à sucre a été placée au mois d'Octobre dans une serre où la température variait de 16° à 26° C, ce qui a permis une quatrième génération du parasite.

Résultats

Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux I et II.

Dans le tableau I figurent les espèces végétales et les stades du développement des parasites (larves, jeunes femelles, kystes). On a examiné 38 plantes choisies parmi celles qui sont cultivées le plus souvent dans nos régions infestées, avec en plus, trois espèces spontanées et deux espèces ornementales.

Comme on peut voir, les hôtes véritables permettant le cycle complet sont pour les plantes cultivées: la betterave à sucre, la betterave fourragère, le chou, la betterave rouge, le chou-fleur, le chou vert, le chou-rave, la navette et le navet, pour la flore spontanée: *C. album*, *C. hybridum* et *S. media* et, parmi les plantes ornementales, l'oeillet. En outre, un nombre considérable de larves infestantes de deuxième stade, a été observé sur le maïs et l'hélianthe, mais dans ces plantes il ne s'est produit aucun développement ultérieur.

Dans le tableau II figurent les plantes-hôtes, la durée du cycle de développement, le nombre de générations et les observations particulières se rapportant à chaque hôte.

On y remarque que le développement du parasite a été le plus intense et le plus rapide sur la betterave à sucre, où trois générations de l'anguillule de la betterave se succèdent régulièrement. Dans les cas exceptionnels, lorsque l'automne est chaud avec une végétation arrière saison, ce nématode peut même donner quatre générations annuelles. Le nombre des kystes issus de cette quatrième génération est alors considérablement moindre, ainsi que le nombre d'oeufs qu'ils renferment (94 au plus). La durée du cycle de développement de l'anguillule, sur la betterave à sucre, peut aussi être inférieure à 6 semaines.

Tableau I - Résultats des recherches faites sur certaines plantes en tant qu'hôtes de *H. schachtii*.

Espèce de plantes	Stade de développement du parasite en plante		
	larves d'invasion	jeunes femelles	kystes formés
Betterave à sucre	très nombreuses	très nombreuses	très nombreux
Betterave fourragère	nombreuses	nombreuses	nombreux
Chou	nombreuses	nombreuses	nombreux
Betterave rouge	nombre considérable	moins nombreuses	moins nombreux
Chou-fleur	moins nombreuses	moins nombreuses	moins nombreux
Chou vert	moins nombreuses	moins nombreuses	moins nombreux
Chou-rave	moins nombreuses	moins nombreuses	moins nombreux
Navette	nombre considérable	individuelles femelles	kystes isolés
Navet	nombre insignifiant	nombre insignifiant	kystes isolés
Pomme de terre	—	—	—
Carotte	—	—	—
Oignon	—	—	—
Haricot	—	—	—
Pois	—	—	—
Persil	—	—	—
Piment	—	—	—
Tomates	—	—	—
Laitue	—	—	—
Courges	—	—	—
Pastèque	—	—	—
Melon	—	—	—
Houblon	—	—	—
Chanvre	—	—	—
Luzerne	—	—	—
Trèfle	—	—	—
Froment	—	—	—
Seigle	—	—	—
Avoine	—	—	—
Orge (d'hiver)	—	—	—
Orge (de brasserie)	—	—	—
Maïs	nombre considérable	—	—
Hélianthe	nombre considérable	—	—
<i>Chenopodium album</i>	nombre considérable	peu nombreuses	kystes isolés
<i>C. hybridum</i>	peu nombreuses	individuelles	kystes rares
<i>Stelaria media</i>	très petit nombre	femelles rares	kystes très rares
<i>Dianthus caryophyllus</i>	nombreuses	individuelles	kystes rares
Tabac	—	—	—
<i>Tagetes</i> sp.	—	—	—

Tableau II - *Durée du cycle de développement et nombre de génération de H. schachtii chez certaines plantes-hôte.*

Plante-hôte	Durée du cycle de développement	Nombre de générations	Observations spéciales
Betterave à sucre	6- 7 semaines	3	Avec automne exceptionnellement chaud et betterave à végétation d'arrière saison, 4 générations se développent (cycle et développement en 5 semaine et demie).
Betterave fourragère	6- 8 semaines	2-3	Deux générations seulement d'habitude.
Chou	6- 8 semaines	2-3	Le plus souvent 2 générations seulement.
Betterave rouge	8-10 semaines	1-2	—
Chou-fleur	8-10 semaines	1-2	—
Chou vert	9-12 semaines	1	—
Chou-rave	9-12 semaines	1	—
<i>Chenopodium album</i>	9-12 semaines	1-2	Le plus souvent 1 génération, larves peu nombreuses, kystes isolés.
<i>C. hybridum</i>	10-13 semaines	1	Larves peu nombreuses, femelles et kystes isolés.
<i>Stelaria media</i>	12-14 semaines	1	Présence de rares kystes.

Observations générales

Au cours de recherches sur l'anguillule de la betterave, poursuivies durant presque deux décennies, c'est-à-dire depuis qu'elle a été décelée dans notre pays, nous avons constaté que les localités où l'on cultive la betterave à sucre, donnent le plus grand nombre de foyers et, en même temps, avec la plus grande intensité d'infestation, la betterave à sucre est en effet la seule plante, chez nous, qui subit d'énormes dégâts. Les autres plantes sur lesquelles une infestation a été observée, telles que le chou, la betterave fourragère et la betterave rouge, souffrent considérablement moins.

Ce problème est particulièrement grave dans notre pays, comme en témoigne le nombre des kystes produits sur chaque racine de betterave à sucre (très souvent jusqu'à 1.200) et le nombre de larves par 100 grammes de sol qui en résulte (de 700 à 900).

En ce qui concerne les autres plantes hôtes, on a observé il y a plusieurs années le parasite tant sur la betterave fourragère que sur le chou. Depuis 5 ou 6 ans, c'est surtout sur la première qu'il apparaît; sur le chou on le trouve souvent en mélange avec *H. cruciferae* Franklin (Vojvodina). On l'a observé aussi sur betterave rouge et on a remarqué par ailleurs qu'un niveau de population tolérable pour la betterave à sucre peut être très nocif pour le chou.

On a constaté la présence de femelles et de kystes d'*H. schachtii* sur des oeillets plantés dans une serre construite en 1972 sur un terrain contaminé où l'on avait effectué surant plusieurs années auparavant un assolement blé-betterave. Toutefois aucun déformation ou dépression n'est apparue sur les plantes et aucun dégât n'a été remarqué.

Quant aux mauvaises herbes, on a seulement observé dans la nature des femelles et des kystes isolés sur le chénopode (*C. album*). On doit souligner que dans une culture de betterave à sucre envahie de mauvaises herbes et fortement contaminée où chaque racine portait plusieurs centaines de femelles et de kystes, les plantes très proches de *C. album* n'hébergeaient que des femelles isolées et de très rares kystes.

Lorsque cette plante se développe sur un terrain infesté, elle ne révèle jamais de dommages notables même en l'absence de l'hôte normal, la betterave à sucre, mais elle sert à la conservation du parasite.

Conclusion

L'anguillule de la betterave a été observée en Yougoslavie sur des plantes appartenantes aux familles des Chenopodiaceae, Cruciferaeae et Caryophyllaceae.

C'est sur la betterave à sucre que le développement est le plus rapide et que se succèdent le plus grand nombre de générations. C'est à cette plante qu'elle occasionne aussi les plus grands dégâts.

Le nombre des générations varie de 1 à 2 pour les autres plantes-hôtes étudiées et la durée du cycle de développement varie de 6 semaines à 3 mois, selon l'espèce.

R É S U M É

Le nématode de la Betterave, *Heterodera schachtii* Schmidt, a été trouvé en Yougoslavie sur le racines de plantes appartenantes aux familles suivantes: Chenopodiaceae, Cruciferaeae et Caryophyllaceae. Le nématode complète son cycle biologique en six à sept semaines sur betterave à sucre et en périodes plus longues, jusqu'à trois mois, sur les autres plantes. C'est sur la betterave qu'on observe le plus grand nombre de générations dans une saison (trois).

RI ASSUNTO

Influenza dell'ospite sul ciclo vitale e sul numero di generazioni di *Heterodera schachtii* Schmidt.

Il nematode della barbabietola, *Heterodera schachtii* Schmidt, è stato trovato in Jugoslavia su radici di piante appartenenti alle seguenti famiglie: Chenopodiaceae, Cruciferae e Caryophyllaceae. Il nematode completa il suo ciclo vitale in sei, sette settimane su Barbabietola da Zucchero e in periodi più lunghi, fino a tre mesi, sulle altre piante. Il numero maggiore di generazioni in una stagione (tre) si osserva su Barbabietola.

S U M M A R Y

Influence of the host on the life cycle and number of generations of *Heterodera schachtii* Schmidt.

The Beet eelworm, *Heterodera schachtii* Schmidt, has been found in Jugoslavia on roots of plant belonging to the following families: Chenopodiaceae, Cruciferae and Caryophyllaceae. The nematode completes its life cycle in six, seven weeks on sugar beet and in longer periods, up to three months, on the other plants. The highest number of generations in one growing season (three) occurs on sugar beet.

OUVRAGES CITÉS

- BOLDIREV V. F., 1936 - Osnovi zaštite Selskohozaisteni rastenija ot vrediteli i bolezni, Č.I.I. II., Moskva.
- DUGGAN J. J., 1959 - On the number of generations of beet eelworm *Heterodera schachtii* Schmidt, produced in a year. *Nematologica*, 4: 241-244.
- FILIPJEV I. N. et SCHUURMANS STEKHOVEN J. H., 1941 - A manual of Agricultural Helminthology. Leiden, Brill, 878 pp.
- GOFFART H., 1951 - Nematoden der Kulturpflanzen Europas. Paul Parey, Berl., 144 pp.
- GOFFART H., 1954 - Gegenwartsfragen zum Rübennematodenproblem Sonderdruck ans Zeitschrift. *Zucker*, 7: 130-137.
- GOFFART H., 1956 - Über Nematoden Sukzessionen bei Zucker und Futterrüben. *Nematologica*, 1: 349-352.
- GRUJIČIĆ G., 1958 - *Heterodera schachtii* Schmidt - repina nematoda kod nas in Yugoslavia, *Zašt. Bilja*, 50: 167-174.
- GRUJIČIĆ G., 1959 - Prilog proučavanju repine nematode *Heterodera schachtii* Schmidt, *J. sci. agric. Res.*, 36: 3-7.
- GRUJIČIĆ G., 1964 - Fitoparazitne nematode na teritoriji SR Srbije sa naročitim osvrtom na biološka proučavanja *Heterodera schachtii* Schmidt i *Anguina tritici* (Steinbuch) Filipjev, Dissertation du doctorat, Novi Sad.
- GRUJIČIĆ G., 1966 - Phytoparasitic Nematodes on the Territory of the S.R. of Serbia with special reference to bioecological investigations of *Heterodera schachtii* Schmidt and *Anguina tritici* (Steinbuch) Filipjev, *Bull. sci.*, 11: 272-273.
- OOSTENBRINK M., 1954-55 - Over de Waarplanten van het Bietencystencaltje, *Heterodera schachtii* Schmidt. *Versl. Pliekt. Dienst. Wageningen*, 127: 186-193.
- RITTER M., RIVOAL R. et BONNET L., 1969 - Influence de différents hôtes sur le développement d'*Heterodera Schachtii*. Comptes Rendus des II journées de Phyt. et Phytoph. Circum-Méditerranéennes, Nice, 18-20 Septembre 1968; 267-269.
- WALLACE H. R., 1956 - The seasonal emergence of larvae from cysts of the beet eelworm *Heterodera schachtii* Schmidt. *Nematologica*, 1: 227-238.

Accepté pour la publication le 30 janvier 1974.