

6 Carotte

Figures 6.1 à 6.48

Bactérioses

- Brûlure bactérienne
- Gale commune
- Pourriture molle bactérienne (pourriture molle)
- Tumeur du collet

Mycoses

- Alternariose (brûlure des feuilles)
- Cercosporose
- Dépérissement pythien des racines (racines rouille, rousselure)
- Maladie de la tache
- Pourriture blanche
- Pourriture brune caoutchouc
- Pourriture noire
- Pourriture noire des racines
- Pourriture sèche fusarienne
- Rhizoctone
- Rhizoctone commun
- Rhizoctone violet

Mycoplasmoses

- Jaunisse de l'aster

Maladies non parasitaires

- Chancre de chaleur
- Éclatement

Nématodes

- Nématode cécidogène du nord (nématode à galles du nord)
- Nématode des lésions racinaires

Insectes

- Charançon de la carotte
- Cicadelle de l'aster
- Mouche de la carotte
- Vers gris
- Autres insectes
- Vers blancs
- Vers fil-de-fer

Autres références

BACTÉRIOSES

► Brûlure bactérienne

Fig. 6.1 et 6.2

Xanthomonas campestris pv. *carotae* (Kendrick) Dye

On trouve la brûlure bactérienne sporadiquement partout au Canada, mais elle cause peu de dommages sur les carottes potagères et de transformation. Aux États-Unis, la brûlure bactérienne cause parfois des dommages importants aux cultures de carottes de semence. La carotte potagère est le seul hôte connu du *X. campestris* pv. *carotae*.

Symptômes Sur les feuilles, les lésions sont irrégulières et brun foncé; le centre de ces lésions est nécrosé, devient rapidement sec et cassant et s'entoure d'un halo jaune irrégulier (6.2). Les lésions sur les pétioles, les pédoncules et les tiges, par contre, sont grasseuses et linéaires. L'infection débute souvent sur la marge des feuilles et provoque l'enroulement du foliole. Si l'ombelle est infectée jeune, elle meurt ou se nécrose complètement. Cependant, si l'infection a lieu après la formation de l'ombelle, elle ne sera affectée qu'en partie. Une sécrétion bactérienne visqueuse apparaît parfois et s'écoule des parties infectées de la plante (6.1). Lorsque la maladie est grave, la plupart des folioles jaunissent et plusieurs feuilles inférieures meurent.

Les premiers symptômes de la maladie et les brûlures alternarienne et cercosporéenne peuvent être confondus, mais l'exsudat bactérien qui s'écoule des parties infectées est un symptôme caractéristique de la brûlure bactérienne. Les parties infectées de la plante peuvent être prélevées,

placées dans l'eau et examinées au microscope pour vérifier la présence de cyclose bactérienne.

Agent pathogène Les cellules de *Xanthomonas campestris* pv. *carotae* sont en forme de bâtonnets cylindriques dont les extrémités sont arrondies; on les trouve en paires ou solitaires. Les cellules solitaires mesurent 1,4 à 2,8 µm de longueur et 0,4 à 0,9 µm de diamètre et sont mues par un flagelle polaire qui mesure 7 µm de longueur et est fixé à une des extrémités du bâtonnet. Les bactéries sont aérobies, ne forment pas de spores, s'encapsulent rarement et sont Gram négatif.

Sur gélose glucosée à la pomme de terre, les bactéries croissent bien et forment des colonies jaune paille. En culture, la croissance est optimale lorsque le pH est de 7 et les températures entre 25 et 30°C. La croissance est très faible en dessous de 13°C. La température létale est de 49°C.

Cycle évolutif Le parasite survit dans et sur la semence de carotte qui provient de plantes malades et peut persister dans le sol pendant un hiver dans les résidus de culture contaminée. Les bactéries sont disséminées par les éclaboussures d'eau et les insectes. La présence d'eau libre ou d'exsudats de plante est requise pour l'infection. La température optimale pour la multiplication de la bactérie varie de 25 à 30°C. Les symptômes apparaissent 10 à 12 jours après l'inoculation et les épidémies progressent rapidement si le temps est chaud et pluvieux.

Moyens de lutte *Pratiques culturales* — Afin de réduire les niveaux d'inoculum, les producteurs doivent utiliser de la semence exempte de maladies, effectuer des rotations biennales ou triennales et éliminer les résidus de culture infectée en les enfouissant par un labour profond ou en travaillant le sol avec une herse à disques. Les graines peuvent être désinfectées en les plongeant pendant 25 minutes dans de l'eau chaude maintenue à 52°C.

Cultivars résistants — Les cultivars Waltham Hi-color et Danvers sont relativement tolérants à la brûlure bactérienne.

Références bibliographiques

- Kendrick, J.B. 1934. Bacterial blight of carrot. *J. Agric. Res.* 49:493-510.
 Pflieger, F.L., G.E. Harman et G.A. Marx. 1974. Bacterial blight of carrots: Interaction of temperature, light and inoculation procedures on disease development of various carrot cultivars. *Phytopathology* 64:746-749.
 Saad, S.M., et E.K. Wade. 1972. Bacterial blight of carrot in Wisconsin. *Plant Dis. Rep.* 56:744-746.

(Texte original de A.C. Kushalappa)

► Gale commune

Fig. 6.5

Streptomyces scabies (Thaxt.) Waksman & Henrici
 (syn. *Actinomyces scabies* (Thaxt.) Güssow)

On trouve cette maladie partout dans le monde. Au Canada, elle n'a été signalée que rarement sur la carotte commerciale. Le parasite peut attaquer plusieurs autres espèces de racines alimentaires comme la betterave, la pomme de terre, le navet, le radis et le panais.

Symptômes Certaines formes de *S. scabies* causent la fonte des semis. Les plantes qui survivent présentent les symptômes typiques de la gale sur les racines (6.5). Les lésions de la gale résultent d'une croissance anormale des cellules hôtes, ce qui entraîne la formation de tissus liégeux, habituellement plus foncés que les tissus sains. Les lésions sont parfois déprimées ou surélevées par rapport au périderme sain. Plusieurs lésions isolées peuvent confluer pour former des plaques galeuses.

Agent pathogène (voir Pomme de terre, gale commune) L'identification du *Streptomyces scabies* comme agent responsable de la gale chez la carotte est provisoire. Le parasite, isolé d'abord de racines galeuses au Michigan, est, selon les rapports, caractéristique du *S. scabies* à l'exception de la surface des spores qui est échinulée plutôt que lisse. Une souche de *S. scabies* qui affecte la pomme de terre a produit des symptômes de gale sur 40 % des carottes cultivées dans un sol infecté par cet organisme. Les symptômes de gale sur la carotte ont aussi été attribués à des causes physiologiques; par exemple, des sols trop humides avant la récolte peuvent entraîner la prolifération de lenticelles.

Cycle évolutif (voir Pomme de terre, gale commune) Cette maladie tend à être plus grave dans les sols alcalins et secs.

Moyens de lutte Comme on connaît peu de choses sur la gale de la carotte, les méthodes de lutte sont basées sur celles qui sont recommandées pour la pomme de terre.

Pratiques culturales — La gale est rarement assez grave chez la carotte pour justifier des méthodes de lutte spécifiques. Toutefois, puisque les sols alcalins favorisent le développement de la gale chez d'autres cultures comme la pomme de terre, on peut réduire quelque peu l'incidence de la maladie en ne plantant pas de carottes dans des sols alcalins ou en appliquant des engrais qui acidifient, comme le sulfate d'ammonium ou le soufre, pour abaisser le pH du sol. On peut réduire l'incidence de la gale en cultivant la carotte dans des sols qui ont une bonne capacité de rétention d'eau et en irriguant les cultures de façon à maintenir un apport régulier d'eau. Les producteurs devraient éviter de planter des carottes dans d'anciens champs de pommes de terre. De longues rotations avec les céréales, les graminées ou le maïs peuvent aussi aider à réduire la gravité de la gale.

Références bibliographiques

- Grogan, R.F., F.W. Zink et K.A. Kimble. 1961. Pathological anatomy of carrot root scab and some factors affecting its incidence and severity. *Hilgardia* 31:53-68.
 Hanson, L.E., et M.L. Lacy. 1990. Carrot scab caused by *Streptomyces* spp. in Michigan. *Plant Dis.* 74:1037.
 Janse, J.D. 1988. A *Streptomyces* species identified as the cause of carrot scab. *Neth. J. Plant Pathol.* 94:303-306.

(Texte original de R. Crête et M.R. McDonald)

► Pourriture molle bactérienne (pourriture molle)

Fig. 6.3

Erwinia carotovora subsp. *carotovora* (Jones) Bergey et al.

La pourriture molle bactérienne est une maladie répandue chez la carotte. Elle peut causer des pertes importantes pendant l'entreposage où elle se comporte comme un envahisseur secondaire de racines préalablement malades ou endommagées. La bactérie peut aussi causer des pertes importantes en champ, bien que cela ne se produise que de façon sporadique. Les infections en champ coïncident habituellement avec des conditions d'humidité élevée. On trouve la pourriture molle bactérienne sur d'autres cultures légumières, particulièrement celles qui produisent des têtes, des fruits ou des tubercules succulents.

Symptômes Les premiers symptômes qui apparaissent sur les racines de la carotte sont de petites lésions grasses qui grandissent rapidement et s'unissent. Les zones affectées deviennent rapidement aqueuses et molles, leur surface est déprimée et les lésions deviennent foncées (6.3). La surface extérieure demeure souvent intacte sur l'intérieur qui se liquéfie, mais elle se rompt facilement lorsque les carottes sont déplacées. Les lésions deviennent rapidement opaques et visqueuses. Des gerçures se forment à la surface des racines et les tissus macérés peuvent suinter. Lorsque ces tissus sont exposés à l'air, ils virent à l'ocre ou au gris. Il n'y a pas d'odeur désagréable symptomatique de la pourriture molle bactérienne avant que les tissus soient complètement détruits et que des organismes secondaires les envahissent.

Le *Sclerotinia sclerotiorum* peut aussi causer une pourriture molle de la carotte (voir pourriture blanche). Cette maladie peut être différenciée de la pourriture molle bactérienne par la présence d'un mycélium blanc sur les racines touchées. Les infections fongiques causées par le *Sclerotinia* et le *Rhizoctonia* peuvent prédisposer les carottes à l'infection par les bactéries de la pourriture molle et il n'est pas inhabituel pour deux ou plusieurs de ces champignons de se trouver ensemble, ce qui rend le diagnostic plus difficile.

Au champ, la pourriture molle bactérienne peut produire, dans les racines de carotte, des crevasses avec une marge bien définie entre les tissus sains et malades. Dans des conditions sévères, par exemple lorsque le sol est gorgé d'eau, les parties gâtées de la racine peuvent demeurer dans le sol lorsque les carottes sont arrachées. Par contre, si le sol redevient sec, la racine continue sa croissance, mais devient fourchue ou rabougrie et, de ce fait, invendable.

Agent pathogène (voir Pomme de terre, pourriture molle bactérienne)

Cycle évolutif (voir Pomme de terre, pourriture molle bactérienne)

Moyens de lutte Pratiques culturales — Il est recommandé de cultiver la carotte dans des sols bien drainés. La rotation des cultures avec le maïs, les céréales, les graminées, la luzerne, le trèfle, la betterave et le haricot peuvent contribuer à réduire les populations de bactéries de la pourriture molle dans le sol. Lors de la récolte, les racines de carottes doivent être manipulées avec soin pour minimiser les coupures et les blessures. Autant que possible, les carottes doivent être classées avant l'entreposage afin d'enlever les racines malades ou endommagées. Les producteurs doivent entreposer les carottes à environ 0°C et à une humidité relative de 90 à 95 %. On doit prendre soin de ne pas laisser l'humidité se condenser sur les carottes. De plus, l'équipement de ventilation devrait être réglé de façon à permettre des échanges réguliers avec l'air frais provenant de l'extérieur.

Lutte chimique — Si les carottes sont lavées avant leur entreposage, leur transport ou leur mise en sacs, un rinçage dans une solution à 100 ppm d'hypochlorite de sodium (dans de l'eau propre) permettra de supprimer la bactérie et d'inhiber la pourriture. On conseille aux producteurs et emballeurs de consulter la Direction générale de la protection de la santé, Santé et Bien-être social Canada, pour des directives concernant l'utilisation de l'eau chlorée avec les légumes. Lorsque la pourriture molle bactérienne devient un problème récurrent, les salles d'entreposage, les boîtes-palettes et les équipements de lavage et d'emballage devraient être désinfectés avec soin avant d'être réutilisés.

Références bibliographiques

- Jones, L.R. 1901. A soft rot of carrot and other vegetables caused by *Bacillus carotovorus*, Jones. *Vermont Agric. Exp. Stn. Annu. Rep.* (1899-1900) 13:299-332.
- Lauritzen, J.I. 1932. Development of certain storage and transit diseases of carrot. *J. Agric. Res.* 44:861-912.
- Schaad, N.W., ed. 1988. *Laboratory Guide for the Identification of Plant Pathogenic Bacteria*. APS Press, St. Paul, Minnesota. 164 pp.
- Segall, R.H., et A.T. Dow. 1973. Effects of bacterial contamination and refrigerated storage on bacterial soft rots of carrots. *Plant Dis. Rep.* 57:896-899.

(Texte original de M.R. McDonald)

► Tumeur du collet

Fig. 6.4

Agrobacterium tumefaciens (Smith & Townsend) Conn

La tumeur du collet chez la carotte n'a été signalée qu'en de rares occasions et sa présence fut sporadique. Comme les petites tumeurs sont généralement enlevées lors du lavage, les carottes légèrement affectées peuvent être mises sur le marché. Les carottes très affectées sont invendables.

La bactérie de la tumeur du collet est répandue dans le monde entier; on la trouve partout au Canada. Elle affecte des plantes ligneuses et herbacées appartenant à 140 genres regroupés dans plus de 60 familles. On la trouve plus communément sur les fruits à pépins et à noyaux, sur les ronces (*Rubus* spp.), les raisins et les roses.

Symptômes La tumeur du collet chez les carottes apparaît sur la tige, près du collet ou sur les racines, sous forme d'excroissances jaunes à bronzées et tubulaires à irrégulières (6.4). Les tumeurs se développent habituellement au point d'attache des racines latérales sur la racine pivotante. Cependant, les tumeurs peuvent se développer partout où il y a des blessures sur la plante. Une ou

plusieurs tumeurs de différentes grosseurs peuvent apparaître sur la même plante vers le milieu de l'été et continuer à se multiplier et à croître jusqu'à la récolte.

Agent pathogène Le pouvoir de l'*Agrobacterium tumefaciens* à produire des tumeurs réside dans le plasmide inducteur *Ti*. Les espèces apparentées, l'*A. rhizogenes* (Riker *et al.*) Conn et l'*A. rubi* (Hildebrand) Starr & Weiss peuvent aussi causer la maladie s'ils possèdent le plasmide *Ti*, mais ils provoquent des symptômes différents.

Les bactéries du genre *Agrobacterium* sont Gram négatif, en forme de bâtonnets unicellulaires et ne forment pas de spores. Elles sont mobiles, ont de petits flagelles péritriches et sont oxydantes et oxydase positif.

On isole l'*Agrobacterium tumefaciens* en excisant de petits morceaux de la tumeur au niveau de la portion blanche en croissance active. Les morceaux doivent macérer dans environ 0,1 mL d'eau stérile pendant 30 minutes. Le liquide est déposé sur un milieu non sélectif comme une gélose nutritive Difco contenant 0,01 % d'extrait de levure. Des milieux sélectifs ont aussi été mis au point. Il n'est pas rare que les tissus tumoraux ne contiennent pas d'*Agrobacterium*. Les souches d'*Agrobacterium* ne sont pas toutes pathogènes. La pathogénicité est confirmée lorsque les symptômes sont reproduits en inoculant des bactéries isolées à une plante-hôte.

Cycle évolutif Le parasite peut vivre en saprophyte dans le sol pendant plusieurs années et aussi hiverner dans les tumeurs. Tous les moyens qui entraînent un déplacement de sol infecté propagent la maladie. La bactérie entre dans la plante par des blessures fraîches et elle se déplace entre les cellules. En un court laps de temps, trois jours environ, une partie du plasmide *Ti* est transféré de la bactérie à la cellule végétale. Les cellules végétales infectées sont induites à produire des hormones, qui provoquent une croissance et une division cellulaire incontrôlées, et à élaborer des substances chimiques spécifiques, appelées opines, qui ne peuvent être utilisées que par la bactérie de la tumeur du collet. Une fois le plasmide transféré, la bactérie n'est plus nécessaire pour la formation de la tumeur. De petites tumeurs apparaissent entre 10 et 14 jours après l'inoculation.

Moyens de lutte Pratiques culturales — De longues rotations avec l'oignon, le maïs, l'avoine, les graminées ou d'autres cultures qui ne sont pas sensibles peuvent réduire les populations dans le sol.

Lutte biologique — Une lutte biologique efficace contre la tumeur du collet sur les fruits à noyaux et les roses a été effectuée en inoculant à ces hôtes une espèce d'*Agrobacterium* non pathogène, l'*A. radiobacter* (Beij. & Van Delden) Conn. Cependant, cette technique n'est pas encore pratique ou rentable pour la carotte.

Références bibliographiques

- Hayward, A.C., et J.M. Waterston. 1965. *Agrobacterium tumefaciens*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 42. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, Angleterre. 2 pp.
- Kerr, A., et P.G. Brisbane. 1983. *Agrobacterium*. Pages 27-43 dans P.G. Fahy et G.J. Persley, eds, *Plant Bacterial Diseases, A Diagnostic Guide*. Academic Press, Sydney. 393 pp.
- Lippincott, J.A., et B.B. Lippincott. 1975. The genus *Agrobacterium* and plant tumorigenesis. *Annu. Rev. Microbiol.* 29:377-405.

(Texte original de M.R. McDonald et R. Crête)

MYCOSES

► Alternariose (brûlure des feuilles)

Fig. 6.6 et 6.7

Alternaria dauci (Kühn) Groves & Skolko

La brûlure des feuilles est la maladie foliaire la plus commune de la carotte. Elle réduit les rendements en restreignant la surface foliaire disponible pour la photosynthèse et en détruisant les parties aériennes de la carotte nécessaires à la récolte mécanique. L'*Alternaria dauci* affecte aussi le persil de façon modérée.

Symptômes L'infection hâtive des plantules peut causer la fonte des semis. Les lésions foliaires sur les plantes adultes ressemblent aux lésions causées par le *Cercospora carotae*, mais elles ont des formes plus irrégulières. Généralement, les lésions apparaissent d'abord sur la marge des folioles; elles sont brun foncé à noires et bordées d'un liseré jaune (6.6). Lorsqu'elles sont nombreuses, les taches s'unissent et les folioles se rident et meurent, ce qui donne à la plante une apparence brûlée. Lorsque les conditions sont fraîches et humides, une couche superficielle veloutée, résultant de la croissance de mycélium et de conidies, est visible à l'œil nu. La fusion des lésions entraîne la formation d'un anneau continu autour du pétiole et la feuille entière est détruite et meurt. Les parties aériennes flétries de la carotte se brisent lorsqu'elles sont agrippées par les arracheuses mécaniques qui alors laissent les carottes dans le sol. Les racines charnues ne sont pas attaquées par l'*Alternaria dauci*. Dans les exploitations commerciales, l'alternariose apparaît souvent plus tardivement que la cercosporose parce que les feuilles plus âgées sont plus sensibles à l'*Alternaria* que les jeunes feuilles. Jadis, les dommages causés par l'*A. dauci* ont pu être surestimés à cause de leur similitude avec les dommages causés par l'*A. alternata*, un champignon pathogène opportuniste produisant de nombreuses conidies sur les feuilles flétries.

Agent pathogène Les conidiophores de l'*Alternaria dauci* sont produits un à un ou en petits groupes; ils sont droits, flexueux ou parfois coudés. Ils sont brun olivâtre ou bruns, mesurent environ 80 µm de longueur et 6 à 10 µm d'épaisseur et portent des conidies successives durant la croissance. Les conidies sont habituellement solitaires, brunâtres, droites ou incurvées, presque claviformes, et portent un appendice apical qui peut atteindre trois fois la longueur du corps de la spore (6.7). Elles mesurent 100 à 450 µm de longueur y compris l'appendice et 16 à 25 µm d'épaisseur dans leur partie la plus large. Elles ont 7 à 11 cloisons transversales et une ou plusieurs cloisons longitudinales ou obliques par conidie. Les appendices sont souvent ramifiés et flexueux.

Pour isoler l'*A. dauci*, on doit prélever les feuilles des carottes malades tôt le matin et les examiner au microscope optique à 60× pour voir les conidies qui, lorsque présentes, peuvent être prélevées en les effleurant doucement avec une aiguille à inoculer stérile. Il s'agit de srier, avec des conidies, la surface d'une gélose au jus de légumes V-8 ou glucosée à la pomme de terre; les boîtes sont incubées à 24°C pendant 16 heures sous des lampes fluorescentes Cool White entre 50 et 150 µE/sec/m². De nouvelles conidies se forment en trois jours et peuvent être identifiées par leur taille et leur morphologie. La gélose au V-8 et celle à base de feuilles de carotte se sont avérées efficaces pour la conservation à long terme des cultures.

L'*Alternaria alternata* est souvent isolé à partir de lésions de brûlure, parfois en grande quantité et sans l'*A. dauci*. L'*Alternaria alternata* peut être différencié de l'*A. dauci* par son appendice apical, plus court que la longueur du corps de la conidie et ayant une extrémité renflée, et par le fait qu'il forme de longues chaînes de conidies.

Cycle évolutif Le parasite survit dans ou sur la graine et c'est ainsi qu'il peut être introduit dans un champ. Il hiverne dans le sol, sur les résidus de cultures malades, sur la portion supérieure des carottes jetées au printemps après l'entreposage et sur les plantes-hôtes adventices. L'*A. dauci*

produit des conidies à des températures qui varient entre 8 et 28°C, la production étant abondante entre 20 et 30°C lorsque l'humidité est élevée. Les conidies sont propagées par le vent, l'eau de ruissellement et les éclaboussures d'eau, la machinerie, et les ouvriers agricoles. La plupart sont dispersées durant les premières heures de la journée lorsque l'humidité diminue en même temps que la température et la vitesse du vent augmentent. L'eau de rosée ou de pluie est essentielle à la germination et à la pénétration. Les symptômes apparaissent 8 à 16 jours plus tard, selon les conditions météorologiques. La température optimale pour la croissance et l'infection fongique est de 28°C, mais l'infection peut se produire à des températures aussi basses que 14°C et aussi élevées que 35°C. Le temps frais et humide favorise la brûlure des feuilles. Contrairement à la cercosporose, cette maladie se manifeste tard dans la saison de croissance de la culture, à cause de la disponibilité d'inoculum primaire au stade de croissance où la plante est le plus sensible et des conditions environnementales à la fin de la saison de croissance.

Moyens de lutte Dépistage — Les méthodes recommandées pour la cercosporose peuvent aussi être utilisées pour la brûlure alternarienne.

Pratiques culturales — Les producteurs doivent utiliser de la semence de carotte produite dans des régions où l'*Alternaria dauci* est absent. Des rotations biennales ou triennales et l'enfouissement à l'automne des résidus de culture infectée réduisent la survie de l'inoculum.

Cultivars résistants — Les cultivars de carotte Waltham Hi-Color, Orlando Gold et Hi-Color sont tolérants à la brûlure alternarienne.

Lutte chimique — La semence doit être traitée avant le semis avec un fongicide recommandé. Les producteurs doivent commencer les pulvérisations de fongicides lorsque le seuil de maladie atteint 25 % des plantes dont les feuilles médianes sont malades et lorsque la pluie ou des températures minimales supérieures à 16°C sont prévues pour la nuit suivante. Lorsque ces conditions persistent, des pulvérisations subséquentes doivent être faites à des intervalles de 7 à 10 jours. De l'urée peut être appliquée sur le feuillage vers la fin de la saison afin de stimuler la croissance de nouveau feuillage, ce qui facilitera la récolte mécanique.

Références bibliographiques

- David, J.C. 1988. *Alternaria dauci*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 952. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, Angleterre. 2 pp.
- Gillespie, T.J., et J.C. Sutton. 1979. A predictive scheme for timing fungicide applications to control alternaria leaf blight in carrots. *Can. J. Plant Pathol.* 1:95-99.
- Soteros, J.J. 1979. Pathogenicity and control of *Alternaria radicina* and *A. dauci* in carrots. *N. Z. J. Agric. Res.* 22:191-196.
- Strandberg, J.O. 1987. Isolation, storage and inoculum production methods for *Alternaria dauci*. *Phytopathology* 77:1008-12.

(Texte original de A.C. Kushalappa)

► Cercosporose

Cercospora carotae (Pass.) Solheim

Fig. 6.13 à 6.16

La cercosporose est souvent un problème sérieux. Au Québec, elle fait plus de dommages que l'alternariose. Généralement la cercosporose survient plus tôt que

l'alternariose; cependant, dans les deux cas, les pertes sont dues principalement aux carottes laissées dans le champ par les arracheuses mécaniques. Le *Cercospora carotae* n'a été signalé que sur la carotte.

Symptômes Les premières lésions apparaissent sur la marge des folioles et causent un enroulement latéral. Ces lésions sont allongées, alors que celles qui ne sont pas sur la marge ont tendance à être plutôt rondes. Sur la feuille, les lésions apparaissent d'abord sous forme de mouchetures nécrotiques qui s'agrandissent et deviennent rapidement de petites taches ocre, brunes ou presque noires, dont le centre nécrotique est entouré d'une zone jaunâtre aux bords mal définis (6.13). À mesure que les lésions se multiplient et grandissent, elles s'unissent et toute la foliole se dessèche et meurt (6.15). Sur les pétioles et les tiges, les lésions sont elliptiques, brunâtres et à centre pâle (6.14), alors que par temps humide les taches sont plus foncées et le fond de la lésion paraît gris pâle ou argenté à cause des masses de conidies hyalines, ce qui est caractéristique de cette maladie. Les lésions peuvent apparaître à la surface de la tige, l'engainer et causer éventuellement la destruction et la mort de toute la feuille. Lorsque les arracheuses mécaniques agrippent les carottes flétries, les fanes se brisent facilement en laissant les carottes dans le sol. Lorsque les parties florales des carottes de semence sont infectées précocement, elles ratatinent avant la production des graines; cependant, lorsque l'infection se produit plus tard, le parasite peut entrer dans la graine, qui devient alors une source d'inoculum. Le *Cercospora carotae* n'attaque pas les racines charnues.

Agent pathogène Les espèces de *Cercospora* ont des hôtes spécifiques. Bien que toutes les inoculations croisées avec d'autres genres ou espèces n'aient pas été faites, le *C. carotae* n'infecte que les espèces du genre *Daucus*. Les colonies de *Cercospora carotae* sont grises et présentent de petites touffes de conidiophores diffus. Sur les tissus foliaires, les conidiophores sont produits en groupes à partir de pseudostromas dans les cavités sous-stomatiques et émergent habituellement par les stomates ou en brisant l'ostiole. Ils ne sont pas ramifiés et sont droits ou flexueux, parfois coudés, et montrent deux ou trois cicatrices près de l'extrémité; ils sont brun olivâtre, mesurent environ 2 à 3 µm d'épaisseur et ne sont pas élargis à la base. Les conidies sont portées successivement à l'apex des conidiophores à mesure qu'ils croissent. Elles sont filiformes, cylindriques, tronquées à la base, hyalines à légèrement sombres; elles ont une à six cloisons et mesurent 40 à 110 µm de longueur sur 2,2 à 2,5 µm de largeur (6.16).

La croissance et la sporulation du champignon sont optimales sur une gélose à l'infusion de feuilles de carottes à un pH qui varie entre 5 et 6,5 et à des températures qui oscillent entre 19 et 28°C; on n'observe aucune croissance en dessous de 7°C ou au-dessus de 37°C. La plupart des conidies sont produites en 6 à 12 jours.

Cycle évolutif Le *Cercospora carotae* hiverne sur et dans la graine, sur les débris de plantes-hôtes malades, sur la carotte sauvage et sur d'autres plantes-hôtes. Les conidies sont dispersées par le vent, les gouttes de pluie, la machinerie agricole et les ouvriers. Les conidies germent et pénètrent les stomates sous diverses conditions de température et de durée d'humectation des feuilles. Des infections importantes se produisent lorsque les températures oscillent entre 20 et 30°C (optimum 28°C) et après des périodes d'humectation des feuilles qui dépassent 12 heures. Les lésions apparaissent après 10 jours environ, selon la température d'incubation et le cultivar. Contrairement à l'alternariose, ce sont les jeunes feuilles qui sont les plus

sensibles à la cercosporose, ce qui expliquerait pourquoi la cercosporose est plus grave que l'alternariose durant les premiers stades de croissance de la plante. Le premier pic de cercosporose varie avec la date de semis. Les épidémies se développent habituellement plus rapidement chez la carotte semée tardivement, à cause des apports d'inoculum provenant de champs voisins semés plus tôt en saison.

Moyens de lutte Dépistage — L'incidence de la maladie devrait être déterminée à des intervalles de deux semaines après le stade cinq feuilles, en échantillonnant 50 plantes au hasard en marchant en diagonale à travers le champ. Des méthodes d'échantillonnage séquentiel peuvent être adoptées pour réduire l'échantillon à moins de 30 plantes par champ, selon l'incidence de la maladie.

Pratiques culturales — Les producteurs devraient utiliser de la semence de carotte produite dans des régions où le champignon est absent. L'enfouissement des résidus de récolte infectée à l'automne, combiné à des rotations biennales et triennales, devrait réduire les populations de champignons pathogènes dans le champ.

Cultivars résistants — Les cultivars Spartan Delite, Delux, Fancy, Bonus, Classic, Winner et Premium sont tolérants à la cercosporose.

Lutte chimique — Les graines de carotte doivent être traitées avec un fongicide avant le semis. Les producteurs ont le choix de commencer les pulvérisations foliaires de fongicides 1) soit après le stade huit feuilles, 2) lorsque les degrés-jours atteignent 550 au-dessus d'une base de 7°C, 3) soit 48 jours après le semis ou préférablement 4) lorsque l'incidence de la maladie atteint 50 % des plantes dont les feuilles médianes sont malades. Après la première pulvérisation, des applications subséquentes doivent être faites à des intervalles de 7 à 10 jours, lorsque les températures sont au-dessus de 16°C et que les périodes d'humectation des feuilles durent plus de 12 heures. De l'urée peut être mélangée avec la pulvérisation vers la fin de la saison pour stimuler la production de feuillage, ce qui facilite la récolte mécanisée.

Références bibliographiques

- Angell, F.F., et W.H. Gabelman. 1968. Inheritance of resistance in carrot, *Daucus carota* var. *sativa*, to the leafspot fungus, *Cercospora carotae*. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 93:434-437.
- Boivin, G., A.C. Kushalappa et L. Brodeur. 1990. Spatial dispersion and binomial sequential sampling plan for *Cercospora carotae* on carrots. *Can. J. Plant Pathol.* 12:209-212.
- Carisse, O., et A.C. Kushalappa. 1989. Effect of media, pH and temperature on spore production and of inoculum concentration on number of lesions produced by *Cercospora carotae*. *Phytoprotection* 70:119-124.
- Carisse, O., et A.C. Kushalappa. 1990. Development of an infection model for *Cercospora carotae* on carrot based on temperature and leaf wetness duration. *Phytopathology* 80:1233-1238.
- Kushalappa, A.C. 1989. Forecasting incidence thresholds of cercospora blight in carrots to initiate fungicide application. *Plant Dis.* 73:979-983.

(Texte original de A.C. Kushalappa)

► Dépérissement pythien des racines (racines rouille, rousselure)

Fig. 6.22 et 6.23

- Pythium coloratum* Vaartaja
Pythium irregulare Buisman
Pythium sulcatum Pratt & Mitchell
Pythium sylvaticum W.A. Campbell & J.W. Hendrix
Pythium ultimum Trow

Le dépérissement pythien des racines est un ensemble de maladies causées par une ou plusieurs espèces pathogènes de *Pythium*. La maladie est aussi appelée racines rouille, rousseture, dépérissement latéral des racines et racine fourchue. Cependant, dépérissement pythien des racines est considéré comme un nom plus descriptif et approprié de la maladie.

Durant les années soixante et soixante-dix, des dommages importants causés aux carottes cultivées dans les sols organiques en Amérique du Nord ont été imputés à cette maladie. Des rapports plus récents font état de réductions allant jusqu'à 80 % des rendements vendables de carottes cultivées dans les sols minéraux en Californie. Au Canada, ces dernières années, l'incidence du dépérissement pythien chez la carotte cultivée dans les sols organiques a été faible, vraisemblablement à cause du grand nombre de cultivars résistants et de l'adoption de méthodes de semis de précision.

Le dépérissement pythien des racines ou des problèmes présentant des symptômes similaires ont été signalés au Canada, aux États-Unis, en Norvège et aux Pays-Bas. Les espèces de *Pythium* qui sont responsables du dépérissement pythien de la carotte peuvent aussi infecter plusieurs autres cultures légumières. Le *Pythium irregulare*, le *P. sulcatum* et le *P. sylvaticum* causent aussi le dépérissement des racines du céleri, de la laitue, du panais et du radis, et le rabougrissement des parties aériennes chez la betterave, le céleri, le panais, la pomme de terre, le radis et la tomate. Des oogones, des sporanges et d'autres structures du *Pythium* ont été retrouvées sur le maïs, le concombre, la pomme de terre et la laitue. Le *Pythium* a aussi été isolé à partir de l'oignon. On observe le dépérissement pythien des racines sur les racines du chou gras (*Chenopodium album* L.), de la matricaire odorante (*Matricaria matricarioides* (Less.) Porter) et du pourpier gras (*Portulaca oleracea* L.), et le *Pythium* a été observé dans les racines de la matricaire odorante et de renouées (*Polygonum* spp.).

Symptômes Les carottes affectées par le dépérissement pythien des racines ont plusieurs racines latérales brun rouille. Parfois la racine pivotante est courte et entourée de nombreuses et longues racines latérales (6.22). Dans d'autres cas, elle est large, mais rabougri ou fourchue (6.23). Le feuillage a une apparence saine, mais parfois il semble rabougri ou fané. Les plantules gravement affectées flétrissent et meurent. Les plantes plus âgées peuvent se remettre de la maladie en produisant de nombreuses racines latérales, mais ces plantes produisent des carottes de faible qualité.

Agents pathogènes Les hyphes des espèces de *Pythium* sont hyalins et dépourvus de cloisons, à l'exception des hyphes âgés. Les cloisons sont situées à la base des structures reproductives. Dans les jeunes hyphes, on peut observer la cyclose cytoplasmique. La plupart des espèces ne produisent pas de mycélium aérien sur gélose à la farine de maïs ou à la pomme de terre et à la carotte, mais plusieurs forment un mycélium cotonneux aérien sur gélose à la farine d'avoine. Le *Pythium ultimum* produit un mycélium épais et cotonneux sur gélose à la farine de maïs.

L'identification des *Pythium* est basée sur la morphologie des sporanges, des conidies, des oogones et des anthéridies. La présence, la taille, la forme et le nombre de ces structures varie considérablement selon le milieu de culture, l'âge de la culture, la température et les autres conditions environnementales. L'uniformisation des méthodes de culture est essentielle pour obtenir une identification précise (voir maladie de la tache

dans le présent chapitre, pour une description détaillée des espèces de *Pythium* décrites ci-dessus; voir aussi Références bibliographiques, Van der Plaats-Niterink).

Pour isoler les *Pythium* à partir de carottes malades, on lave les racines sous l'eau courante et on les place sur une gélose PVPP (17 g d'agar à la farine de maïs Difco, 5 mg de pimarinone, 250 mg de vancomycine, 50 mg de pénicilline et 100 mg de pentachloronitrobenzène par litre d'eau) et on les incube à l'obscurité entre 20 et 26°C pendant 24 à 28 heures. Les transferts à partir de la marge de la colonie peuvent alors être effectués sur d'autres milieux comme la gélose à la farine de maïs, pour l'identification. La méthode décrite pour isoler les *Pythium* à partir de la maladie de la tache peut aussi être utilisée.

Le rabougrissement, l'aspect fourchu et la prolifération de racines latérales peuvent dépendre aussi d'autres causes comme les nématodes cécidogènes, la compaction et la saturation en eau du sol, les insectes qui se nourrissent sur les racines et les blessures mécaniques. On a étudié le rôle de l'*Olpidium* et le virus de la nécrose du tabac, ainsi que des espèces d'*Alternaria*, de *Cylindrocarpum*, de *Gliocladium* et de *Fusarium* isolées à partir de racines de carottes dans le dépérissement des racines, mais les tests de pathogénicité ont démontré qu'aucun d'entre eux n'était la cause première de cette maladie. Les tentatives faites pour relier le dépérissement des racines à l'utilisation du linuron, un herbicide, et avec la présence de concentrations élevées de sels solubles dans le sol se sont aussi révélées négatives.

Cycle évolutif Au champ, la racine primaire de la carotte est infectée durant les premières semaines de croissance et la nécrose de l'apex racinaire est visible après le stade deux feuilles. Lors d'études en environnement contrôlé, en sols infectés naturellement et artificiellement, la nécrose racinaire s'est manifestée 21 jours après la date de semis.

La ramification de la racine et la prolifération des racines latérales surviennent lorsque les dommages causés à la racine primaire brisent la dominance apicale. Les racines latérales des plantes infectées sont souvent brun rouille ou présentent des lésions brun rouille, ce qui indique que l'infection peut se produire tout au long de la saison de croissance.

Les espèces de *Pythium* qui causent le dépérissement des racines sont des habitants communs des sols en Amérique du Nord et peuvent survivre indéfiniment dans les champs. Dans les sols organiques, la gravité du dépérissement des racines a été corrélée positivement avec les niveaux d'humidité dans le sol et les populations globales de *Pythium*. Dans les études en sols minéraux, il n'y a pas eu de corrélation entre la gravité du dépérissement des racines et la densité des populations de *P. ultimum* et de *P. irregulare*. Plusieurs espèces de *Pythium* sont actives à des potentiels matriciels du sol inférieurs à la capacité au champ (-0,3 bars), ce qui met en doute que les niveaux d'humidité des sols organiques puissent limiter leur croissance.

La température optimale pour le développement de la maladie varie. Les plants de carotte cultivés dans du sable maintenu à une humidité de -2,5 kPa contaminés par le *P. ultimum* ont plus de racines fourchues à 23°C qu'à 27°C. On sait que le *Pythium ultimum*, le *P. aphanidermatum* et le *P. irregulare* tuent plus de plantules de carotte à 35°C qu'à 25°C.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Il faut éviter de semer la carotte dans des champs mal drainés ou sujet à l'inondation et il faut prendre soin de ne pas trop irriguer les jeunes cultures. La culture des carottes sur billons réduit l'incidence des racines fourchues et augmente le pourcentage de carottes vendables. De plus, les semis de précision se sont avérés utiles pour réduire l'incidence du dépérisse-

ment des racines. La rotation des cultures avec le chou, le maïs, la menthe, l'oignon et la pomme de terre peut réduire l'incidence du dépérissement pythien des racines dans les cultures de carottes subséquentes.

Cultivars résistants — Plusieurs cultivars commerciaux ayant une grande tolérance au dépérissement pythien des radicelles sont disponibles. Waltham Hi-Color, Hi-Color 9, Paramount, Spartan Fancy, Canada Super X, Gold Pak 28C et Orlando Gold en sont des exemples. Les producteurs doivent consulter les recommandations provinciales pour obtenir une liste plus complète.

Références bibliographiques

- Fushtey, S.G., et C.C. Filman. 1968. An early wilt and rusty root problem in carrots at the Bradford Marsh. *Can. Plant Dis. Surv.* 48:150.
- Howard, R.J., R.G. Pratt et P.H. Williams. 1978. Pathogenicity to carrots of *Pythium* species from organic soils in North America. *Phytopathology* 68:1293-1296.
- Liddell, C.M., R.M. Davis et J.J. Nunex. 1989. Association of *Pythium* spp. with carrot root dieback in the San Joaquin Valley of California. *Plant. Dis.* 73:246-249.
- McElroy, F.D., H.S. Pepin et D.J. Ormrod. 1971. Dieback of carrots caused by *Pythium debaryanum*. *Phytopathology* 61:586-587.
- Mildenhall, J.P., R.G. Pratt, P.H. Williams et J.E. Mitchell. 1971. *Pythium* brown root and forking of muck-grown carrots. *Plant Dis. Rep.* 55:536-540.
- Sutton, J.C. 1975. *Pythium* spp. produce rusty root of carrots in Ontario. *Can. J. Plant Sci.* 55:139-143
- Van der Plaats-Niterink, A.J. 1981. Monograph of the Genus *Pythium*. *Stud. Mycol.* 21. Centraalbureau v. Schimmelcultures, Baarn, Pays-Bas. 242 pp.

(Texte original de M.R. McDonald)

► Maladie de la tache

Fig. 6.12

- Pythium intermedium* de Bary
Pythium irregulare Buisman
Pythium sulcatum Pratt & Mitchell
Pythium sylvaticum W.A. Campbell & J.W. Hendrix
Pythium ultimum Trow
Pythium violae Chesters & C.J. Hickman

La maladie de la tache de la carotte est très répandue et a été signalée en Amérique du Nord, en Europe et dans certaines parties de l'Asie. Elle affecte la carotte dans toutes les régions du Canada; elle a aussi été observée sur le panais. Bien que la maladie ne réduise que rarement le rendement en poids, les carottes atteintes de cette maladie sont invendables pour le marché de produits frais et pour la transformation, de sorte que les rendements vendables sont grandement réduits. Dans des cas extrêmes, des champs de carottes gravement atteints par la maladie de la tache ont été abandonnés. Cette maladie touche aussi bien les carottes cultivées dans des sols organiques que minéraux. Dans certains rapports, on appelait la maladie «lésions horizontales». Les *Pythium* qui causent la maladie de la tache peuvent aussi attaquer de nombreuses cultures légumières.

Symptômes La maladie de la tache se manifeste sous forme de cavités facilement observables sur les carottes fraîchement lavées. Les cavités apparaissent sous forme de lésions elliptiques, déprimées de quelques millimètres sous la surface de la racine. Les lésions sont allongées dans le sens horizontal, distribuées au hasard et deviennent plus foncées avec le temps (6.12). Des gerçures verticales accompagnent parfois les cavités.

Les premiers symptômes apparaissent sous le périoderme intact, sous forme de zones déprimées grises ou non décolorées. À mesure que les lésions grandissent, le périoderme se rompt et devient foncé. La taille des lésions varie et des organismes secondaires peuvent infecter les carottes, ce qui entraîne une pourriture rapide. Les cavités grandissent à mesure que la carotte croît. On a aussi signalé que les lésions peuvent s'accroître sur les carottes entreposées, mais il n'est pas clair que cela soit dû à l'infection primaire ou à une invasion secondaire.

Il n'existe pas de symptômes foliaires pour cette maladie. Pour déterminer la gravité de la maladie de la tache, les carottes doivent être arrachées et les racines lavées.

Agents pathogènes Depuis sa description en 1961, la maladie de la tache a été attribuée à plusieurs causes physiologiques y compris la carence en calcium, l'ammonification du sol et la croissance dans des conditions anaérobies. Les agents biologiques responsables de la formation de la maladie de la tache incluent des bactéries pectolytiques anaérobies (*Clostridium* spp.), des larves de sciarides (*Bradysia* spp.) et des espèces de *Pythium* à croissance lente. Le problème se complique davantage lorsque l'on considère que cette maladie est aussi surnommée «cavité» tout comme le rizotone commun. Au Canada, les espèces de *Pythium* semblent être les principales causes de la maladie de la tache.

Le mycélium des espèces de *Pythium* est incolore et les hyphes ne sont pas cloisonnés, à l'exception des hyphes âgés. On retrouve des cloisons à la base des structures reproductrices. La cyclose cytoplasmique peut être observée dans les jeunes hyphes. La plupart des espèces ne produisent pas de mycélium aérien sur gélose à la farine de maïs, ou sur gélose à la pomme de terre et carotte, mais plusieurs forment des colonies cotonneuses, à mycélium aérien, sur gélose à la farine d'avoine. Le *Pythium sylvaticum* et le *P. ultimum* produisent un mycélium épais et cotonneux sur gélose à la farine de maïs.

L'identification des espèces de *Pythium* est basée sur la morphologie des sporanges, des zoospores, des oogones et des anthéridies. La présence, la taille, la forme et la quantité de ces structures varient considérablement selon le milieu et l'âge de la culture, la température et les autres conditions environnementales. Des méthodes de culture uniformes sont essentielles pour obtenir une identification précise.

Le *Pythium violae* et le *P. ultimum* sont similaires, mais le *P. violae* a de plus grandes oogones (diamètre moyen de 29,5 comparativement à 21,5 µm) et a de plus nombreuses anthéridies monoclines, parfois pédonculées, qui prennent naissance près des oogones. Le taux de croissance journalier du *P. violae* et du *P. ultimum* sur gélose à la pomme de terre et carotte à 25°C varie de 15 à 30 mm par jour, respectivement. Les deux espèces ont des oospores globuleuses, aplérotiques, des anthéridies sacculiformes, des renflements d'hyphes globuleux qui peuvent être terminaux ou intercalaires, et elles n'ont pas de sporanges. La plupart des oogones sont terminales, mais le *P. violae* peut aussi avoir des oogones intercalaires.

Le *Pythium sulcatum* a des sporanges filamenteux et des zoospores qui sont produites à 20°C. Les oogones sont terminales ou intercalaires et lisses et ont des oospores aplérotiques d'un diamètre moyen de 14,5 µm. Le taux de croissance du mycélium sur gélose à la pomme de terre et carotte varie de 13 à 14 mm par jour. Les anthéridies sont le principal signe distinctif du *P. sulcatum*. Il y en a une à trois par oogone et elles sont monoclines ou diclines, mais leurs pédoncules sont souvent ramifiés et ont des cellules anthéridiennes qui sont grandes, pliées ou sillonnées et qui encerclent l'oogone. Les températures cardinales sont : minimum 2 à 3°C, optimum 20 à 28°C et maximum 36 à 37°C.

Le *Pythium sylvaticum* produit parfois des oogones en culture séparée, mais est principalement hétérothallique et produit des oogones sur la ligne de contact entre deux mycéliums compatibles en culture mixte. Les oogones sont lisses, terminales ou intercalaires et d'un diamètre moyen de 19,3 µm. Les oospores sont aplérotiques. Il y a deux à quatre anthéridies par oogone; elles sont diclines avec des pédoncules ramifiés qui disparaissent peu après la fécondation. Il ne se forme pas de sporanges. Le taux de croissance quotidien sur gélose à la pomme de terre et carotte est de 30 mm ou plus.

Le *Pythium irregulare* se caractérise par ses oogones ornementées de forme irrégulière et de grandeurs diverses. Il forme rarement des spo-

ranges. Il y a une à deux anthéridies par oogone; elles sont habituellement monoclines et prennent naissance près des oogones. Les oogones sont habituellement intercalaires, parfois terminales; elles mesurent 15 à 25 (moyenne 18,5) μm de diamètre et la plupart des oospores sont aplérotiques. Le taux de croissance quotidien sur gélose à la farine de maïs est de 25 mm. Les températures cardinales sont : minimum 1°C, optimum 30°C et maximum 35°C.

Le *Pythium intermedium* ne produit pas de sporanges. Les renflements des hyphes sont nombreux et forment des chaînes régulières serrées. Cette espèce est hétérothallique et les oogones qui se forment dans des cultures mixtes sont globuleuses et ont un diamètre moyen de 21,5 μm et des parois lisses et minces. Les oospores sont aplérotiques et on en retrouve parfois deux par oogone. Les anthéridies sont déclives et ont une à sept cellules anthéridiennes. Les pédoncules sont souvent ramifiés. Le taux de croissance journalier sur gélose à la pomme de terre et carotte est d'environ 30 mm.

Pour isoler les espèces de *Pythium* à partir des cavités, les carottes doivent être bien lavées à l'eau courante, mais ne doivent pas être stérilisées en surface. Des morceaux de tissus doivent être excisés du bord des cavités et placés sur le milieu de Mircetich (voir Références bibliographiques, Mircetich 1971). Ce milieu doit être fraîchement préparé et gardé à l'obscurité. Les géloses inoculées sont incubées dans l'obscurité à la température de la pièce. Les colonies de *Pythium* commencent à croître dans les 24 à 48 heures. Les espèces à croissance lente peuvent être plus difficiles à isoler et demander des incubations plus longues. On peut ensuite repiquer les cultures sur eau gélosée. On place le morceau de mycélium dans le fond d'une boîte de Pétri sous une mince couche d'eau gélosée, ce qui réduit la contamination bactérienne. Les espèces de *Pythium* croissent vers le haut, à travers la gélose. Les extrémités des hyphes peuvent être repiquées sur gélose aux flocons d'avoine pour stimuler la production de structures reproductives et permettre l'identification.

Cycle évolutif Les symptômes typiques de la maladie de la tache sont normalement visibles sur des carottes qui ont 12 semaines de croissance et qui sont proches de leur taille et de leur maturité de vente. En Ontario, les premiers symptômes visibles sur les carottes apparaissent à la mi-août et la gravité de la maladie de la tache augmente durant les mois de septembre et octobre. Les *Pythium* peuvent être isolés à partir des cavités n'importe quand après leur formation; cependant, des rapports en provenance d'autres régions du Canada et de Grande-Bretagne indiquent que les *Pythium* peuvent aussi être isolés à partir de plantules de carotte. L'infection de la racine de carotte se produit probablement à un stade précoce de la croissance de la carotte.

On a fait un rapprochement entre la recrudescence de la maladie de la tache, l'application de grandes quantités d'engrais chimiques et l'augmentation de l'humidité du sol tôt dans la saison ou au moment de la maturité, alors que les carottes sont moins affectées dans les sols dont le pH est supérieur à 8.

Le *Pythium violae* et le *P. sulcatum* ne s'isolent pas facilement du sol de champs par les méthodes usuelles de dilution en boîtes de Pétri, probablement parce qu'ils sont masqués par des espèces dont la croissance est plus rapide. Il est donc difficile de déterminer les effets de facteurs environnementaux sur les populations de champignons dans le sol ou l'effet que ces populations peuvent avoir sur l'incidence ou la gravité de la maladie de la tache. Elle est particulièrement grave dans des terrains récemment défrichés ou dans des champs sans antécédents d'ombellifères. À l'inverse, des champs où on a fait la culture répétée de carottes peuvent n'avoir jamais eu de problèmes de maladie de la tache. Des champs que l'on sait producteurs de carottes infectées par la maladie de la tache peu-

vent ne pas exprimer de maladie d'une année à l'autre selon les conditions de l'environnement.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Il est recommandé de ne pas cultiver dans des champs qui ont des antécédents de maladie de la tache et de cultiver les carottes en buttes afin de réduire la possibilité d'humidité excessive dans le sol. La rotation des cultures n'est pas utile parce qu'il n'y a pas de relation entre les antécédents culturaux et l'intensité de la maladie de la tache et il n'y a aucune preuve que la rotation des cultures puisse réduire cette maladie. Il faut éviter de semer la carotte dans des sols trop argileux.

Bien qu'aucun lien n'ait pu être établi entre la nutrition minérale et la maladie de la tache, l'intensité de la maladie diminue lorsqu'on réduit les quantités d'engrais chimiques appliquées au champ.

Cultivars résistants — Les cultivars de carotte présentent une grande diversité de sensibilité à la maladie de la tache. Les cultivars Six Pak, Six Pak II, 24 Karat, Spartan Premium, Dagger 78 et Orlando Gold sont relativement résistants. Les producteurs peuvent consulter les recommandations provinciales pour avoir une liste plus complète.

Références bibliographiques

- Guba, E.F., R.E. Young et T. Ui. 1961. Cavity spot disease of carrot and parsnip roots. *Plant Dis. Rep.* 45:102-105.
 Hafidh, F.T., et W.C. Kelly. 1982. Cavity spot of carrot caused by feeding of fungus gnat larvae. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 107:1177-1181.
 Mircetich, S.M. 1971. The role of *Pythium* in feeder roots of diseased and symptomless peach trees and in orchard soils in peach tree decline. *Phytopathology* 61:357-360.
 Perry, D.A., et J.G. Harrison. 1979. Cavity spot of carrots. I. Symptomology and calcium involvement. *Ann. Appl. Biol.* 93:101-108.
 Perry, D.A., et J.G. Harrison. 1979. Cavity spot of carrots. II. The effect of soil conditions and the role of pectolytic anaerobic bacteria. *Ann. Appl. Biol.* 93:109-115.
 White, J.G. 1988. Studies on the biology and control of cavity spot of carrots. *Ann. Appl. Biol.* 113:259-268.

(Texte original de M.R. McDonald)

► Pourriture blanche

Fig. 6.25 et 6.26

Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary
 (syn. *Whetzelinia sclerotiorum* (Lib.) Korf & Dumont)

La pourriture blanche est la maladie la plus dévastatrice des carottes entreposées et elle affecte aussi les cultures au champ. Elle cause la fonte des semis et l'infection des pétioles, qui éventuellement se répand aux feuilles et au collet. Les infections foliaires réduisent le rendement en affaiblissant les parties aériennes de sorte que les carottes ne peuvent pas être récoltées mécaniquement. Le *Sclerotinia sclerotiorum* affecte plusieurs légumes, y compris la laitue, le céleri, le haricot et les crucifères, ainsi que plusieurs mauvaises herbes.

Symptômes Au champ, l'infection foliaire débute à la base des pétioles et le champignon se propage rapidement et tue les feuilles. Le feuillage infecté est brun foncé et souvent couvert d'un mycélium blanc cotonneux caractéristique du *Sclerotinia*. Quelque temps après l'infection et la mort des tissus foliaires, des sclérotés noirs peuvent aussi apparaître dans le mycélium cotonneux. L'infection du collet accompagne habituellement celle des feuilles et des pé-

tioles. Souvent les racines infectées ne présentent pas de symptômes à la récolte, mais la maladie se développe durant l'entreposage.

Le *Sclerotinia* cause une pourriture molle et aqueuse sur les carottes entreposées. Les tissus infectés deviennent foncés, puis grisâtres et se couvrent rapidement d'un mycélium blanc cotonneux (6.25). La formation dans le mycélium (6.26) de sclérotés noirs mesurant de 1 à 2 cm permet de distinguer les lésions causées par le *Sclerotinia* de celles causées par le *Rhizoctonia* ou les *Fusarium*. On retrouve aussi une pourriture molle bactérienne sur les carottes entreposées, mais elle est visqueuse et ne produit pas de mycélium de surface.

Agent pathogène (voir Haricot, sclérotiniose)

Cycle évolutif (voir Haricot, sclérotiniose) L'infection débute probablement par la colonisation des tissus des feuilles et des tiges par le mycélium issu des sclérotés dans le sol. L'infection des racines se produit suite à celle du feuillage et du collet. L'infection directe des racines par le mycélium est possible au champ, mais paraît improbable. En conditions soutenues de haute humidité, les ascospores peuvent infecter les tissus sénescents ou endommagés. Pendant l'entreposage, la maladie se développe habituellement à la suite d'infections qui ont eu lieu au champ ou à la récolte. Cependant, des infections provenant d'inoculum sur des palettes usagées ou sales ont aussi été signalées. La température optimale pour le développement de la maladie varie entre 13 et 18°C, mais la maladie se manifestera en autant que la température soit supérieure à 0°C. L'eau et une humidité relative supérieure à 92 % contribuent aussi au développement de la maladie. Une fois l'infection établie, les tissus infectés fournissent suffisamment d'humidité pour permettre l'évolution de la maladie.

Le mycélium provenant d'une seule carotte infectée peut s'étendre aux carottes adjacentes en produisant des foyers de contamination radiants sur les carottes entreposées en boîtes-palettes, en sacs de plastique ou en vrac. Une pourriture molle bactérienne peut se développer suite à la pourriture blanche.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Les producteurs doivent pratiquer des rotations triennales à quinquennales avec des cultures résistantes comme l'oignon, la betterave, l'épinard, les céréales et le maïs afin de réduire les niveaux d'inoculum tellurique. Cette pratique doit s'accompagner d'une lutte efficace contre les mauvaises herbes. Des infestations importantes de mauvaises herbes contribuent au développement de la maladie en augmentant l'humidité relative et en prolongeant les périodes d'humectation des feuilles. L'inondation des champs réduit aussi la quantité de sclérotés viables dans le sol. Le refroidissement rapide des carottes récoltées et l'entreposage à une température constante de 0°C contribuent à réduire le développement du *Sclerotinia* pendant l'entreposage.

Cultivars résistants — Six Pak II est plus sensible à la pourriture en entreposage que Paramount et Dess Dan.

Références bibliographiques

Finlayson, J.E., M.K. Pritchard et S.R. Rimmer. 1989. Electrolyte leakage and storage decay of five carrot cultivars in response to infection by *Sclerotinia sclerotiorum*. *Can. J. Plant Pathol.* 11:313-316.

Finlayson, J.E., S.R. Rimmer et M.K. Pritchard. 1989. Infection of carrots by *Sclerotinia sclerotiorum*. *Can. J. Plant Pathol.* 11:242-246.

Mordue, J.E.M., et P. Holliday. 1976. *Sclerotinia sclerotiorum*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 513. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, Angleterre. 2 pp.

Mukula, J. 1957. On the decay of stored carrots in Finland. *Acta Agric. Scand., Suppl.* 2. 132 pp.

Rader, W.E. 1952. Diseases of stored carrots in New York State. *Cornell Univ. Agric. Exp. Sm. Bull.* 889. 64 pp.

(Texte original de M.R. McDonald)

► Pourriture brune caoutchouc

Fig. 6.24

Phytophthora porri Foister

La pourriture brune caoutchouc est une maladie qui affecte les carottes pendant l'entreposage et le transport. Elle peut causer jusqu'à 20 % de pertes dans la carotte entreposée. Au Canada, la maladie n'a été observée que sporadiquement en Alberta et en Colombie-Britannique. Des infections causées par le *Phytophthora porri* ont aussi été signalées en Tasmanie et dans l'État de New York.

Le *Phytophthora porri* est aussi la cause du mildiou chez le poireau. Il attaque aussi le glaïeul, l'oignon, l'échalote, la tulipe, les choux entreposés et un certain nombre de fleurs ornementales. D'autres espèces de légumes sont attaquées en conditions expérimentales, mais pas la betterave, ni le panais, ni le céleri.

Symptômes Il n'y pas de symptômes visibles de pourriture brune caoutchouteuse au champ ou lors de la récolte. La maladie se manifeste après une certaine période d'entreposage. Des plages brun foncé, fermes et translucides apparaissent sur toute la racine des carottes infectées, mais la plupart du temps près du centre ou près du collet. La pourriture se présente parfois sous forme de larges bandes. Il peut y avoir aussi une abondance de mycélium blanc en surface (6.24). À mesure que la pourriture progresse, les racines deviennent plus foncées et leur surface devient humide et luisante. Les racines ont tendance à se briser facilement et, à l'intérieur, des portions de la racine sont brunes et caoutchouteuses, mais ne sont pas humides. Des infections secondaires surviennent souvent dans les derniers stades de la maladie.

Agent pathogène Le *Phytophthora porri* a un mycélium ramifié, non cloisonné lorsqu'il est jeune, mais qui se vide et devient cloisonné dans les colonies âgées. Sur gélose au jus de légumes V-8, les colonies forment un mycélium aérien dense. Les bords sont lisses à légèrement irréguliers et la croissance est lente, soit environ 3,5 mm par jour à 25°C. Les températures cardinales de croissance sur un milieu de culture sont : minimum 0°C, optimum entre 15 et 20°C et maximum entre 31 et 32°C.

Les jeunes hyphes sont droits et lisses, mais deviennent rapidement irréguliers, noueux et spiralés. Les renflements sur les hyphes sont communs et peuvent être produits un à un ou en chaînes. Les sporanges sont terminaux ou intercalaires, mesurent environ 50 sur 41 µm et sont persistants. L'apex est large, légèrement papilleux et présente un épaississement superficiel. De nombreuses chlamydospores sont produites une à une ou en chaînes. Les oogones sont sphériques, incolores et mesurent entre 28 et 37 µm de diamètre. Les anthéridies sont principalement amphigynes, mais certaines sont paragynes. Les oospores sont aplérotiques.

Le parasite peut être isolé en brisant, sur les racines infectées, les bords des zones brunies et en transférant de façon aseptique les tissus sous-jacents sur un milieu avec antibiotiques comme la gélose PVPP (voir dépérissement pythien, dans le présent chapitre). Le champignon peut être maintenu sur gélose à la farine de maïs. La production d'oospores peut être induite par un long entreposage sur de la paille mûre d'orge, de blé ou de folle avoine.

Cycle évolutif Cette maladie a été observée sur la carotte cultivée sous irrigation et dans des champs qui avaient reçu des pluies abondantes et prolongées pendant la saison de croissance. Les symptômes se développent entre 0 à 20°C sur des carottes inoculées. Ils se développent en une semaine à 20°C, alors qu'à 0°C on observe un certain brunissement après sept semaines d'incubation et aucun symptôme typique n'est visible après 13 semaines. Le parasite peut se répandre par contact direct de carottes malades à carottes saines, lors de l'entreposage ou du transport.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Il est conseillé de cultiver la carotte dans des sols bien drainés et d'éviter une irrigation excessive. Les carottes doivent être entreposées à 0°C et à une humidité relative inférieure à 95%. Les racines infectées doivent être éliminées si possible. Les palettes et les entrepôts doivent être nettoyés et désinfectés entre les cultures.

Références bibliographiques

- Ho, H.H. 1983. *Phytophthora porri* from stored carrots in Alberta. *Mycologia* 75:747-751.
- Stelfox, D., et A.W. Henry. 1978. Occurrence of rubbery brown rot of stored carrots in Alberta. *Can. Plant Dis. Surv.* 58:87-91.
- Waterhouse, G.M., F.J. Newhook et D.J. Stamps. 1983. Present criteria for classification of *Phytophthora*. Pages 139-147 dans D.C. Erwin, S. Bartniki-Garcia et P.H. Tsao, eds, *Phytophthora: Its Biology, Taxonomy, Ecology, and Pathology*. APS Press, St. Paul, Minnesota. 392 pp.

(Texte original de M.R. McDonald)

► Pourriture noire

Fig. 6.11

Alternaria radicina Meier, Drechs. & E.D. Eddy
(syn. *Stemphylium radicinum* (Meier, Drechs. & E.D. Eddy)
Neergaard)

La pourriture noire a été signalée dans la plupart des provinces où se fait la culture de la carotte. Les pertes au champ peuvent être élevées, mais on a d'abord noté qu'elle causait de graves pourritures d'entreposage. Le parasite attaque aussi le céleri, le persil, le panais et l'aneth.

Symptômes On observe des symptômes sur les graines, les ombelles, le feuillage, les pétioles et les racines. Sur les graines, l'*Alternaria radicina* produit une trame de mycélium noire et diffuse qui enveloppe la graine et à l'intérieur de laquelle on retrouve des conidies noires. Parmi les nombreux symptômes qui peuvent apparaître sur les plantules, on note la pourriture des graines, la fonte des semis, le noircissement des hypocotyles et la malformation des racines. Ce dernier symptôme se produit lorsque la région apicale de la racine pivotante meurt. La fonte des semis en prélevée et postlevée est causée par la semence contaminée ou les semis faits dans des sols infectés. Sur les plantules infectées, on voit une lésion brun roux à noire qui étrangle la tige. La lésion peut s'étendre de la ligne de terre vers le haut de la plante et atteindre parfois les cotylédons.

Les dommages les plus importants se produisent sur les racines. L'infection débute à la base du pétiole où des lésions superficielles d'un noir brillant se développent et envahissent par la suite le collet et les côtés de la racine. Lorsque le champignon attaque le collet, l'invasion est habituellement profonde et s'étend le long du cylindre central. Les lésions qui apparaissent sur les côtés des racines

sont généralement rondes, superficielles et légèrement déprimées. Les tissus pourris sont verdâtres à noirs et ont à leur surface des conidiophores qui portent des conidies (6.11). Les lésions secondaires qui se développent sous la surface du sol coïncident souvent avec les gerçures et les crevasses qui ont pour origine des problèmes de nutrition minérale ou d'autres stress. La pourriture noire sévit souvent dans les cultures de carottes de semence.

Une pourriture sèche, farineuse, sans odeur particulière peut se développer lorsque des carottes sont entreposées. Lorsque l'humidité est élevée, la pourriture de la racine est molle et gorgée d'eau, bordée d'une marge sombre protubérante.

En conditions naturelles, les symptômes foliaires sont moins graves que ceux causés par l'*Alternaria dauci* et se produisent, en général, sur les feuilles extérieures plus âgées. Parfois, des lésions noires et irrégulières apparaissent à la marge des folioles. Cependant, de petites lésions brunes au départ, qui plus tard deviennent noires, apparaissent sur les feuilles et les pétioles des plantes inoculées. Les lésions sur les pétioles affectés s'étendent aux tissus vasculaires, ce qui provoque une chlorose foliaire, le flétrissement et finalement la mort des feuilles. Dans les cultures séminifères, les ombelles, les têtes et les tiges porte-graines sont aussi affectées et deviennent foncées lorsqu'elles approchent de la maturité.

Agent pathogène Les colonies d'*Alternaria radicina* sont brun-noirâtre à noires et croissent vigoureusement sur gélose glucosée à la pomme de terre. Les hyphes sont simples, droits avec quelques ramifications, bruns et cloisonnés. Les conidiophores sont généralement simples et non ramifiés, droits ou flexueux, cloisonnés, pâles à brunâtres ou brun olivâtre et lisses; ils mesurent jusqu'à 200 µm sur 3 à 9 µm, avec une ou plusieurs cicatrices conidiennes. Les conidies sont solitaires ou en chaînes de deux ou rarement trois conidies. Leur forme varie beaucoup, est souvent elliptique à piriforme et l'extrémité la plus large est attachée au conidiophore. Elles ont habituellement de trois à sept cloisons transversales et une ou plusieurs cloisons longitudinales ou obliques. Les conidies varient de 27 à 57 µm de longueur et de 9 à 27 µm de diamètre dans leur partie la plus large et donnent des valeurs moyennes de 38 et 19 µm, respectivement. Les conidies de l'*A. radicina* se différencient de celles de l'*A. dauci* par l'absence d'un long appendice à la partie distale et par la taille plus petite des conidies, et de celles de l'*A. alternata* par l'absence de longues chaînes de spores.

Le champignon s'isole facilement des tissus malades en stérilisant en surface le matériel et en le transférant sur une gélose glucosée à la pomme de terre. On favorise l'isolement du champignon à partir de graines infectées en incubant les graines désinfectées en surface dans une chambre stérile contenant un papier filtre humide et en présence de lumière.

Cycle évolutif Le champignon peut infecter les tissus à tous les stades de croissance. Les infections primaires se produisent sur le feuillage, bien que ce ne soit pas essentiel puisque le champignon peut aussi pénétrer dans la racine pivotante par les radicules et les tissus sains ou blessés à partir de sol contaminé. La contamination de racines saines peut aussi se produire à partir de feuillage infecté lors de la récolte, ce qui entraîne une pourriture d'entreposage.

L'*Alternaria radicina* est transmis par la semence et le sol, survit sur les résidus de carottes à la surface du sol et persiste pendant au moins huit ans dans les sols minéraux. Cependant, sa viabilité est réduite plus rapidement lorsque les résidus sont enfouis que lorsqu'ils sont laissés à la surface du sol.

Le champignon tolère des températures qui varient de -0,5 à 34°C, avec une température optimale *in vitro* de 28°C, bien que la levée des plantules dans les sols

organiques infectés par l'*A. radicina* soit très réduite en dessous de 18°C. Lors de l'entreposage, le champignon provoque une pourriture rapide des racines lorsque l'humidité relative est supérieure à 92%. L'infection massive des feuilles et des racines réduit la période de conservation des carottes.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Lorsque cela est possible, les producteurs doivent procéder à une rotation d'un minimum de huit années avec des cultures autres que la carotte, l'aneth, le persil, le panais et le céleri et n'utiliser que de la semence traitée à l'eau chaude ou avec des fongicides. Pour le traitement à l'eau chaude, remplir de graines de carotte un sac de mousseline pas plus qu'à moitié, plonger le sac pendant 25 minutes dans de l'eau chaude à 50°C et remuer constamment pour obtenir une distribution rapide et uniforme de la chaleur. Les résidus de culture infectée doivent être enfouis pour éviter qu'ils ne restent à la surface du sol où le champignon peut sporuler et se répandre. Avant l'entreposage, on doit rejeter toutes les racines malades ou endommagées.

Pendant l'entreposage, la température doit être maintenue près de 0°C et l'humidité relative à environ 92% afin de minimiser la pourriture d'entreposage. Ce taux d'humidité relative étant plus faible que nécessaire pour une conservation optimum, il est alors prudent de ne pas entreposer des récoltes contaminées pendant plus de trois ou quatre mois. On prendra soin de nettoyer et de désinfecter les entrepôts et les conteneurs avant de les utiliser.

Cultivars résistants — Les cultivars améliorés Half Long Chantenay et K-2043 et plusieurs autres sont relativement résistants à la pourriture noire.

Lutte chimique — Les fongicides peuvent être utilisés pour lutter contre la phase foliaire de la maladie. Ils peuvent aussi réduire l'incidence de la pourriture d'entrepôt.

Références bibliographiques

- Benedict, W.G. 1977. Effect of soil temperature on the pathology of *Alternaria radicina* on carrots. *Can. J. Bot.* 55:1410-1418.
- Ellis, M.B., et P. Holliday. 1972. *Alternaria radicina*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 346. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, Angleterre. 2 pp.
- Grogan, R.G., et W.C. Snyder. 1952. The occurrence and pathological effects of *Stemphylium radicinum* on carrots in California. *Phytopathology* 42:215-218.
- Maude, R.B. 1966. Studies on the etiology of black rot, *Stemphylium radicinum* (Meier, Drechsler & Eddy) Neerg., and leaf blight, *Alternaria dauci* (Kuehn) Groves & Skolko, on carrot crops; and on fungicide control of their seed-borne infection phases. *Ann. Appl. Biol.* 57:83-93.
- Meier, F.C., C. Drechsler et E.D. Eddy. 1922. Black rot of carrots caused by *Alternaria radicina* n.sp. *Phytopathology* 12:157-166.

(Texte original de R.F. Cerkauskas)

► Pourriture noire des racines

Fig. 6.8 à 6.10

Chalara elegans Nag Raj & Kendrick
(syn. *Trichocladium basicola* (Berk. & Broome) J.W. Carmichael)
(synonymes *Thielaviopsis basicola* (Berk. & Broome) Ferraris)

La pourriture noire des racines est une grave maladie post-récolte qui affecte les carottes cultivées pour le marché de produits frais dans les sols organiques de la Vallée du Fraser en Colombie-Britannique. Elle attaque aussi sporadiquement les carottes cultivées dans les sols organiques de l'Ontario et dans les sols minéraux de l'Alberta.

On retrouve le *C. elegans* partout dans le monde. Il a une gamme d'hôtes très étendue; il s'attaque particulièrement aux cultures légumières de légumineuses, de solanacées (famille de la pomme de terre) et de cucurbitacées, ainsi qu'à plusieurs plantes ornementales et à certaines espèces ligneuses.

Symptômes Des lésions superficielles, noires, irrégulières, dispersées au hasard et dont la grandeur varie entre 3 et 20 mm apparaissent sur les racines après que les carottes ont été lavées, classées et entreposées dans des sacs de polyéthylène à des températures supérieures à 25°C et à des taux élevés d'humidité relative (6.8). Le noircissement de la racine, qui n'affecte que le périderme, est dû à une importante sporulation du champignon (6.9). Dans certains cas, les taches n'ont pas plus de 1 mm de profondeur.

Le *Chalara elegans* peut causer une pourriture racinaire grave chez le tabac, le haricot, le pois et plusieurs autres cultures, mais on n'a pas noté de symptômes au champ sur la carotte. De la même manière, des carottes cultivées en serre dans des sols infectés par le *C. elegans* n'expriment pas de symptômes visibles d'infection des racines. Cependant si les carottes sont blessées, le champignon envahit rapidement la racine et la zone endommagée se couvre de chlamydo-spores.

Agent pathogène Le champignon peut avoir une morphologie variable selon qu'il croît sur un milieu au jus de légumes V-8 ou une gélose glucosée à la pomme de terre. Les variants peuvent être entourés d'un mycélium gris foncé ou de mycélium de type albinos, brun, aconidien (absence d'endoconidies) ou autres. Certains variants ne diffèrent pas seulement par des caractéristiques culturales, comme la production et la forme des chlamydo-spores, mais aussi en virulence. En général, les colonies croissent lentement, sont diffuses, grises, olivâtres, brunes ou noires et souvent veloutées. Le mycélium est en partie superficiel, en partie submergé.

Deux types de spores sont produites (6.10). Les chlamydo-spores sont brun foncé, à parois épaisses, presque rectangulaires et mesurent 6,5 à 14 sur 9 à 13 µm. Elles sont produites latéralement ou aux extrémités à partir des cellules basales hyalines, en de courtes chaînes d'environ cinq à sept cellules qui ressemblent à de grandes conidies multicloisonnées. Seule la chlamydo-spore apicale de chacune des chaînes est arrondie à son extrémité; les autres sont tronquées aux deux extrémités. La chaîne de chlamydo-spores se brise à maturité. Les endoconidies sont presque hyalines, produites en de longues chaînes à partir de phialides presque hyalines qui peuvent atteindre 100 µm de longueur et sont plus épaisses à leur base et effilées vers l'apex. Les endoconidies sont cylindriques et à extrémités tronquées; elles mesurent entre 7,5 et 19 par 3 et 5 µm et sont libérées à travers l'apex des phialides, les unes à la suite des autres.

Le *Chalara elegans* peut être isolé de façon sélective à partir du sol ou de tissus végétaux provenant de disques prélevés sur des carottes fraîches. Des milieux semi-sélectifs ont aussi été mis au point.

Cycle évolutif Le *Chalara elegans* est un habitant du sol très répandu et il persiste sous forme de chlamydo-spores dans les sols cultivés et non cultivés. Il peut survivre pendant de longues périodes dans la matière organique du sol; cependant, sa survie est grandement affectée par des niveaux d'humidité élevés. La germination des chlamydo-spores est optimale à 25°C et elle est stimulée par la présence de résidus de carottes et l'alternance de conditions sèches et humides.

La maladie se propage facilement sur les carottes fraîchement récoltées, entreposées à une température et une humidité relative élevées. Le problème est rarement grave lorsque les carottes sont entreposées dans les conditions optimales (0 à 1°C et 98 à 100% d'humidité relative). Les

lésions apparaissent toujours sur les blessures infligées lors de la récolte, du classement et du tri. La pourriture noire des racines n'a pas été signalée sur les récoltes tardives effectuées à des températures fraîches ou sur les carottes récoltées manuellement. Les blessures semblent être un préalable à l'infection.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Les producteurs doivent éviter les meurtrissures et autres dommages pendant et après la récolte des carottes. On doit, autant que possible, enlever les particules de sol qui adhèrent aux carottes avant le classement. Il est recommandé de refroidir aussitôt que possible les carottes fraîchement récoltées et d'éviter de les entreposer à des hautes températures accompagnées de taux d'humidité relative élevés. Un refroidissement à l'eau réduit rapidement la température interne en dessous de 7°C, même dans les plus grosses carottes. Les températures d'entreposage devraient être maintenues de façon à ce que la température interne ne dépasse pas 7°C, ce qui signifie que la température de la chambre d'entreposage soit de 5°C ou moins.

Lutte chimique — Les carottes lavées doivent être rincées dans de l'eau chlorée avant de les mettre dans des sacs de plastique. On conseille aux producteurs et emballers de consulter la Direction générale de la protection de la santé, Santé Canada, pour des directives concernant l'utilisation de l'eau chlorée avec les légumes.

Références bibliographiques

- Friedman, B.A., W.R. Barger et W.A. Radspinner. 1954. *Thielaviopsis basicola* on carrot roots from California. *Plant Dis. Rep.* 38:855.
 Mellveen, W.D., et L.V. Edgington. 1972. Isolation of *Thielaviopsis basicola* from soil with umbelliferous root tissue as baits. *Can. J. Bot.* 50:1363-1366.
 Punja, Z.K. 1990. Development of black root rot (*Thielaviopsis basicola*) as a post-harvest disease on fresh market carrots and strategies for disease control. *Phytopathology* 80:1027.
 Subramanian, C.V. 1968. *Thielaviopsis basicola*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 170. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, Angleterre. 2 pp.
 Yarwood, C.E. 1981. The occurrence of *Chalara elegans*. *Mycologia* 73:524-529.

(Texte original de R.F. Cerkauskas et Z.K. Punja)

► Pourriture sèche fusarienne

Fig. 6.21

- Fusarium acuminatum* Ellis & et Everh.
Fusarium avenaceum (Fr.:Fr.) Sacc.
Fusarium equiseti (Corda) Sacc.
Fusarium oxysporum Schlechtend.:Fr.
Fusarium redolens Wollenweb.
 (syn. *Fusarium oxysporum* var. *redolens* W.L. Gordon)
Fusarium solani (Mart.) Sacc.

La pourriture sèche fusarienne est une maladie des carottes en entreposage. C'est un problème peu fréquent dans la plupart des régions productrices de carottes au Canada. Les espèces de *Fusarium* qui causent la pourriture sèche ont une vaste gamme d'hôtes.

Symptômes On n'a pas signalé de différences dans l'expression des symptômes racinaires par les différentes espèces de *Fusarium*. Normalement, elles produisent toutes une pourriture du collet et des chancres de taille variable sur les côtés de la racine (6.21). Les tissus affectés changent légèrement de couleur, sèchent et s'effritent

facilement. Plus tard, après séchage, les chancres latéraux durcissent et se momifient. Souvent cependant, la pourriture du collet progresse et affecte la racine toute entière. Dans d'autres circonstances, des lésions dont le diamètre varie de quelques millimètres à plusieurs centimètres sont visibles. Ces lésions sont bordées d'un mycélium jaune ocre ou rougeâtre et ont habituellement une apparence plutôt granuleuse causée par la production de spores.

Agents pathogènes Plusieurs critères sont utilisés pour identifier les espèces de *Fusarium*. Ils comprennent la présence ou l'absence de microconidies et de chlamydo-spores, la forme des macroconidies et des microconidies, la façon dont sont produites les conidies et les caractéristiques des cultures. Les clefs taxonomiques (voir Références bibliographiques, Booth, Nelson et al., et Toussoun et Nelson) doivent être consultées pour l'identification de l'espèce.

Les champignons s'isolent facilement des tissus racinaires par stérilisation de surface et par culture sur gélose glucosée à la pomme de terre ou un autre type approprié de gélose. La formation de spores est stimulée par l'utilisation de substrats naturels ou de divers milieux de culture. La formation de macroconidies est stimulée et accrue chez plusieurs cultures de *Fusarium* par éclairage fluorescent. L'entreposage des racines de carottes dans une atmosphère humide de 16 à 20°C pendant deux à trois semaines favorise l'apparition des symptômes.

D'autres organismes sont fréquemment complices de la pourriture sèche fusarienne. Ils incluent des *Gliocladium*, des *Penicillium*, le *Botrytis cinerea* et des *Mucor*. La carie sèche caractéristique de la pourriture sèche fusarienne peut être masquée par ces organismes secondaires. Les chancres causés par les *Fusarium* qui ont séché ne peuvent pratiquement pas être différenciés de ceux qui sont causés par les *Gliocladium*. La présence des hyphes de *Rhizoctonia* sert à différencier le rhizoctone et le rhizoctone commun de la pourriture sèche fusarienne.

Cycle évolutif On retrouve les *Fusarium* partout dans le sol sur les parties souterraines et aériennes des plantes, sur les résidus de culture et autres matériaux organiques. Il peut persister dans le sol sous forme d'hyphes résistants ou dormants dans les résidus de plantes colonisées, en parasite ou en saprophyte, ou sous forme de chlamydo-spores et de conidies résistantes. Le *F. avenaceum* et quatre autres espèces de *Fusarium* ont été trouvés sur de la semence de carotte au Canada.

Durant l'entreposage, la pourriture sèche fusarienne peut devenir grave entre 15 et 20°C bien qu'elle ait été signalée sur des carottes entreposées entre 6 et 35°C. L'infection se produit entre 7 et 20°C avec un optimum entre 16 et 20°C. Lors de l'entreposage au froid, la pourriture sèche fusarienne apparaît rarement avant trois mois. La maladie peut se répandre des carottes malades aux carottes saines entreposées par contact avec du mycélium ou par des spores anémophiles.

Moyens de lutte Pratiques culturales Les températures d'entreposage ne doivent pas dépasser 1°C. Pour réduire les pertes dues à cette maladie, les racines doivent rester sèches et l'humidité relative demeurer inférieure à 95 %, mais supérieure à 90 % (pour éviter le rabougrissement), sous ventilation adéquate. Un lavage et un classement avant l'entreposage peuvent réduire de façon marquée les pertes dues à la pourriture d'entreposage.

Références bibliographiques

- Booth, C. 1971. *The Genus Fusarium*. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, Angleterre. 237 pp.
 Gordon, W.L. 1959. The occurrence of *Fusarium* species in Canada. VI. Taxonomy and geographic distribution of *Fusarium* species on plants, insects, and fungi. *Can. J. Bot.* 37: 257-290.

- Lockhart, C.L., et R.W. Delbridge. 1972. Control of storage diseases of carrots by washing, grading, and postharvest fungicide treatments. *Can. Plant Dis. Surv.* 52:140-142.
- Nelson, P.E., T.A. Toussoun et R.J. Cook. 1981. *Fusarium: Diseases, Biology and Taxonomy*. The Pennsylvania State Univ., University Park, Pennsylvanie. 457 pp.
- Rader, W.E. 1948. *Rhizoctonia carotae* n.sp. and *Gliocladium aureum* n.sp., two new root pathogens of carrots in cold storage. *Phytopathology* 38:440-452.
- Rader, W.E. 1952. Diseases of stored carrots in New York State. *Cornell Univ. Agric. Exp. Stn. Bull.* 889. 64 pp.
- Toussoun, T.A., et P.E. Nelson. 1968. *A Pictorial Guide to the Identification of Fusarium Species according to the Taxonomic System of Snyder and Hansen*. The Pennsylvania State Univ., University Park, Pennsylvanie. 51 pp.

(Texte original de R.F. Cerkauskas)

► Rhizoctone

Fig. 6.17

Rhizoctonia carotae Rader
(téléomorphe *Athelia arachnoidea* (Berk.) Jülich)

En Amérique du Nord, le rhizoctone apparaît de façon sporadique comme maladie des carottes à l'entreposage. Au Danemark, cette maladie a causé des pertes de 50 à 70 % dans les carottes entreposées et d'importantes attaques ont été signalées aux États-Unis. La carotte est le seul hôte naturel du *R. carotae*.

Symptômes L'apparition sur les carottes de lésions sèches, déprimées et bordées d'un mycélium cotonneux (6.17) est un symptôme typique du rhizoctone. Les symptômes de la maladie ne sont pas évidents lors de la récolte des carottes et les symptômes d'entreposage n'apparaissent qu'après deux à trois mois. Les premiers signes de l'infection sont de petits amas d'hyphes blancs qui apparaissent sur la surface de la carotte. De petits cratères se développent sous les amas et s'agrandissent rapidement. Aux stades avancés de la maladie, toutes les carottes d'une caisse-palette peuvent être recouvertes d'une trame de mycélium blanc, ce qui ressemble à la pourriture blanche. Un examen du mycélium au microscope peut s'avérer nécessaire pour confirmer l'identité du parasite responsable.

Agent pathogène Les hyphes végétatifs du *Rhizoctonia carotae* mesurent entre 3,5 et 6,0 µm de diamètre, sont hyalins et ont un patron de ramification caractéristique des *Rhizoctonia*. Ainsi, les ramifications latérales sont produites à des angles aigus ou perpendiculairement aux hyphes principaux. Une cloison est présente dans chacune des ramifications latérales près du point d'origine et il y a une constriction de l'hyphé au point où chacune des ramifications latérales prend naissance. La présence d'anses d'anastomose et l'anastomose des hyphes sont communes. Des dolipores sont présents et les extrémités des hyphes ont en moyenne de quatre à cinq noyaux par cellule.

L'agent pathogène peut être isolé à partir de morceaux de carotte prélevés sur les bords des lésions, stérilisés en surface et mis en culture sur une gélose glucosée à la pomme de terre et acidifiée. Les colonies se forment après 10 à 15 jours d'incubation entre 20 et 24°C et sous une photopériode de 12 heures. Après 10 jours dans ces conditions, les colonies mesurent 1,5 à 2 cm de diamètre. La température optimale pour la croissance se situe entre 16 et 20°C. Les colonies sont à croissance lente, blanches et parsemées de petits amas d'hyphes. Les caractères morphologiques de différents isolats peuvent varier considérablement.

Dans les cultures plus âgées, des cristaux d'oxalate de calcium se forment le long des hyphes. Le *Rhizoctonia carotae* produit de l'acide oxalique dans les géloses au jus de légumes V-8, au malt, à la carotte, glucosée à la pomme de terre, et dans des milieux liquides salins contenant du glucose ou de la pectine comme source de carbone et du phosphate d'ammonium ou de l'asparagine comme source d'azote.

Cycle évolutif Le rhizoctone est principalement une maladie des carottes entreposées. L'agent pathogène est un habitant du sol et tout porte à croire qu'il peut survivre indéfiniment dans le sol. Les infections qui se développent durant l'entreposage ont probablement lieu au champ, bien que les symptômes soient rarement visibles lors de la récolte. Des caisses-palettes infectées peuvent aussi être une source d'inoculum. Lorsque des carottes sont inoculées avec le *R. carotae*, les hyphes croissent sur la racine de carotte en l'espace de quelques jours et semblent la pénétrer sans former d'appressoria ou d'autres structures d'infection. Les cellules sont détruites avant la pénétration du champignon.

Le champignon peut croître à des températures aussi basses que -1°C. Le développement et la propagation de la maladie sont accélérées par des niveaux élevés d'humidité relative et particulièrement par la présence d'humidité à la surface de la racine. Une fois que les premiers symptômes deviennent apparents sur les carottes entreposées, la maladie peut évoluer rapidement. Une carotte peut perdre ses qualités marchandes en moins de trois semaines.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Un bon travail du sol, la lutte contre les mauvaises herbes et un espacement plus grand entre les plantes aident à réduire le niveau d'infection dans le champ en permettant un assèchement plus rapide de la surface du sol. Retarder la récolte à la fin de l'automne peut favoriser le développement de la maladie pendant l'entreposage. Les carottes doivent être récoltées avec soin pour éviter les coupures et les meurtrissures. Si la maladie se déclare pendant l'entreposage, les conteneurs et l'équipement de manutention doivent être désinfectés avant d'être réutilisés.

Une bonne gestion de l'entreposage est le meilleur moyen de lutter contre la maladie. Les carottes doivent être refroidies rapidement et entreposées à près de 0°C. L'humidité relative doit être maintenue en dessous de 95 % et il ne devrait pas y avoir d'eau qui se condense sur les carottes. On recommande de faire circuler régulièrement de l'air extérieur dans la zone d'entreposage.

Références bibliographiques

- Adams, G., B. Kropp et R.G. Grogan. 1984. *Athelia arachnoidea* (Berk.) Jülich. The sexual state of *Rhizoctonia carotae* Rader. *Phytopathology* 74:1135.
- Mordue, J.E.M. 1974. *Rhizoctonia carotae*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 408. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, Angleterre. 2 pp.
- Punja, Z.K. 1987. Mycelial growth and pathogenesis by *Rhizoctonia carotae* on carrot. *Can. J. Plant Pathol.* 9:24-31.
- Rader, W.E. 1948. *Rhizoctonia carotae* n.sp. and *Gliocladium aureum* n.sp., two new root pathogens of carrots in cold storage. *Phytopathology* 38:440-452.
- Ricker, M.D., et Z.K. Punja. 1991. Influence of fungicide and chemical salt dip treatments on crater rot caused by *Rhizoctonia carotae* in long-term storage. *Plant Dis.* 75:470-474.

(Texte original de M.R. McDonald)

► Rhizoctone commun

Fig. 6.18 à 6.20

Rhizoctonia solani Kühn
(téléomorphe *Thanatephorus cucumeris* (A.B. Frank) Donk)

Le rhizoctone commun ne se manifeste que de façon sporadique et parfois il cause des pertes économiques. On

l'appelle parfois «cavité», ce qui crée une confusion avec la maladie de la tache causée par des espèces de *Pythium* et aussi surnommée «cavité». On trouve le rhizoctone commun le plus souvent dans des sols organiques, surtout où on a cultivé de la carotte pendant plusieurs années. Le *Rhizoctonia solani* cause aussi la fonte des semis de carotte, ce qui peut diminuer considérablement les rendements. Le champignon a une gamme d'hôtes qui inclut plusieurs cultures légumières.

Symptômes Bien que l'agent pathogène puisse causer la fonte des semis, il est habituellement plus nocif sur les racines des carottes en croissance. Les infections de la mi-saison peuvent continuer de faire pourrir la récolte à l'entreposage. Les premiers symptômes du rhizoctone commun sont l'apparition de lésions horizontales brun foncé qui se présentent aux points d'attache des radicelles à la racine pivotante (6.18). Ces lésions peuvent pénétrer de quelques millimètres dans la racine pivotante. Ceci les distingue des cavités de la maladie de la tache, causées par des *Pythium*, qui sont plus superficielles et qui apparaissent sur la racine entière. Les lésions du rhizoctone commun sont plus nombreuses sur la portion supérieure de la racine. La maladie peut aussi apparaître sous forme d'une bande de pourriture sèche, brun foncé, qui encercle le collet (6.19). Les feuilles externes des racines malades flétrissent et meurent, ce qui laisse une plante avec quelques feuilles internes plus grandes qui restent dressées (6.20). Lorsqu'on arrache des racines infectées, des amas de sol et de mycélium y adhèrent.

Agent pathogène (voir Haricot, rhizoctone brun) Aux États-Unis, des études ont montré que la plupart des souches qui causent la fonte des semis et le rhizoctone commun chez les carottes cultivées dans des sols organiques appartiennent au groupe d'anastomose AG-2. Le parasite peut être isolé à partir de carottes en utilisant la technique décrite pour le *Rhizoctonia carotae* (voir rhizoctone, dans le présent chapitre).

Cycle évolutif On retrouve le parasite dans plusieurs types de sol. Il peut survivre de nombreuses années (voir Haricot, rhizoctone brun). Le rhizoctone commun et la fonte des semis causent le plus de dommages entre 20 et 28°C, alors qu'il y a peu ou pas d'infection ou de développement de la maladie en dessous de 16°C. Des niveaux d'humidité du sol dépassant la capacité au champ (avoisinant -0,1 bar) sont optimaux pour le développement de la maladie. Les carottes de tous les stades de croissance sont également sensibles au *R. solani*, bien que le rhizoctone commun soit plus grave sur les plantes plus âgées.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Il existe peu de mesures de lutte contre cette maladie. Lorsque cela est possible, les racines ayant des symptômes de rhizoctone commun devraient être jetées avant l'entreposage. L'efficacité de longues rotations des cultures n'est pas démontrée.

Lutte chimique — Les graines de carotte doivent être traitées avec un fongicide homologué pour réduire l'incidence de la fonte des semis.

Références bibliographiques

- Grisham, M.P., et A. Anderson. 1983. Pathogenicity and host specificity of *Rhizoctonia solani* isolated from carrots. *Phytopathology* 73:1564-1569.
- Mildenhall, J.P., et P.H. Williams. 1970. Rhizoctonia crown rot and cavity spot of muck-grown carrots. *Phytopathology* 60:887-890.

- Mildenhall, J.P., et P.H. Williams. 1973. Effect of soil temperature and host maturity on infection of carrots by *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology* 63:276-280.
- Shelvin, E., et J. Katan. 1975. Rhizoctonia disease of carrot seedlings and its control. *Plant Dis. Rep.* 59:29-32.

(Texte original de M.R. McDonald)

► Rhizoctone violet

Fig. 6.27

Rhizoctonia crocorum (Pers.:Fr.) DC.
(syn. *Rhizoctonia violaceae* Tul. & C. Tul.)
(téléomorphe *Helicobasidium brebissonii* (Desmaz.) Donk)

Le rhizoctone violet est endémique, mais ne cause des pertes économiques que dans quelques régions. Le champignon est largement distribué dans le nord de l'Europe et aux États-Unis. Au Canada, sa distribution n'est pas limitée à un seul type de sol. La maladie survient souvent à un ou deux endroits dans le champ. Les carottes affectées sont invendables.

On sait que le champignon infecte d'autres cultures légumières, soit entre autres l'asperge, le haricot, la betterave, le chou, le persil, le panais, la pomme de terre, la rhubarbe, le chou marin, la patate douce et le navet. Il a aussi été isolé de la luzerne, du trèfle et du colza (navette) et des mauvaises herbes comme l'herbe à dinde (*Achillea millefolium* L.), le chiendent (*Agropyron repens* L.), le foin d'odeur (*Anthoxanthum odoratum* L.), les chardons (*Cirsium* spp.), la potentille ansérine (*Potentilla anserina* L.), la renouée rampante (*Ranunculus repens* L.), la petite oseille (*Rumex acetosella* L.), l'oseille (*Rumex* spp.) et le pissenlit (*Taraxacum officinale* Weber).

Symptômes Les symptômes foliaires de la maladie sont visibles dans le champ, du milieu de l'été au début de l'automne. Les feuilles des plantes atteintes deviennent chlorotiques, flétrissent et éventuellement meurent. Les racines se couvrent d'un feutrage de mycélium et de spores qui, au départ, est de chamois à violet, mais qui devient graduellement rouge violacé et finalement brun pourpre (6.27). Le feutrage de mycélium contient de nombreuses papilles légèrement plus foncées que le reste du mycélium et qui ressemblent à des sclérotés. Les lésions s'agrandissent et s'unissent à mesure que la maladie progresse et entraînent une décomposition généralisée. À ce stade, les zones affectées sont recouvertes d'une couche parcheminée, mais les tissus sous-jacents sont mous et décomposés. La maladie peut se développer jusqu'à ce stade au champ. Des lésions superficielles, qui peuvent être présentes à la récolte, s'agrandissent pendant l'entreposage.

À l'arrachage, de grandes quantités de terre adhèrent aux carottes infectées. Le *Rhizoctonia crocorum* peut aussi se propager de plante en plante par un épais feutrage mycélien brun à la surface du sol. On a signalé que ces feutrages pouvaient atteindre jusqu'à 30 m de longueur et 15 cm de largeur.

Agent pathogène Le mycélium du *Rhizoctonia crocorum* est ramifié, cloisonné et recouvre uniformément la surface de la plante-hôte. Les hyphes se ramifient à angle droit et ont une cloison à 10 µm ou moins de chacun des points de rencontre. Le mycélium s'agrège en forme de papilles qui peuvent mesurer quelques millimètres à plusieurs centimètres. Les papilles sont rondes, aplaties, paraissent recouvertes d'un épais feutrage velouté et servent de coussins d'infection au point de pénétration des tissus-hôtes par le champignon.

La forme parfaite (sexuée), l'*Helicobasidium brebissonii*, ne se retrouve qu'au printemps. Des basides incurvées se forment directement sur le mycélium qui à son tour forme un hyménium pourpre. Les basides sont hyalines, cloisonnées et produisent deux ou trois stérigmates qui mesurent 10 à 35 µm de longueur et qui portent des basidiospores hyalines. La forme des basidiospores varie d'ovale à réniforme; elles mesurent 10 à 12 sur 6 à 7 µm.

Le parasite peut être isolé de racines de carottes en suivant la technique suggérée pour le *Rhizoctonia carotae* (voir rhizoctone, dans le présent chapitre).

Cycle évolutif Le parasite est tellurique. Il se répand très graduellement dans le sol, à mesure que le mycélium croît d'une plante à l'autre. Le principal moyen de propagation dans le champ et entre les champs se fait par sol contaminé sur les outils agricoles et par les plantes infectées.

L'infection et le développement de la maladie sont lents. En culture, le *R. crocorum* croît entre 9 et 39°C, l'optimum étant de 26°C. L'infection de la carotte a lieu entre 5 et 30°C, l'optimum étant de 20°C. Les plants de carotte sont habituellement infectés au printemps et plusieurs mois peuvent s'écouler avant que les symptômes foliaires apparaissent. Des expériences menées en Grande-Bretagne indiquent que le nombre de carottes infectées augmente avec le temps passé dans le sol. L'humidité élevée du sol et des pH acides accroissent la gravité du rhizoctone violet.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Le principal moyen de lutte est d'éviter de semer des carottes dans des champs infectés. La rotation des cultures avec les graminées et les céréales, combinée à une lutte efficace contre les mauvaises herbes, peut réduire les quantités d'inoculum dans le sol. Un bon drainage du sol, une fertilisation adéquate et le chaulage pour augmenter le pH peuvent aussi aider à réduire les niveaux d'infection de la racine.

La culture doit être récoltée le plus tôt possible si la maladie est détectée dans le champ. On doit prendre des précautions pour éviter de propager la maladie aux champs sains par du sol infecté sur la machinerie agricole. Les producteurs ne devraient pas enfouir dans le sol les résidus de culture infectée; ils doivent s'en débarrasser loin des terres agricoles.

Références bibliographiques

Garrett, S.D. 1949. A study of violet root rot. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 29:114-127.

Whitney, N.J. 1954. Investigations of *Rhizoctonia crocorum* (Pers.) DC. in relation to violet root rot of carrot. *Can. J. Bot.* 32:679-704.

(Texte original de M.R. McDonald)

MYCOPLASMOSES

► Jaunisse de l'aster

Fig. 6.28 à 6.30

Mycoplasme de la jaunisse de l'aster

La jaunisse de l'aster est une maladie très fréquente chez la carotte, mais elle est peu importante dans la plupart des régions productrices de carottes. En Ontario et au Québec, la prévalence de la jaunisse varie d'une année à l'autre, mais normalement elle affecte moins de 2 % de la superficie cultivée en carottes. Elle occasionne parfois des pertes économiques, mais le coût de la lutte contre le vecteur, la cicadelle de l'aster, peut être supérieur à la valeur de la

récolte perdue. Le parasite a de nombreux hôtes, notamment parmi les cultures légumières.

Symptômes Les premiers symptômes qui apparaissent dans les champs sont le jaunissement des feuilles et la décoloration des nervures des jeunes feuilles au centre du collet (6.28). Plus tard, les nombreuses pousses malades surgissent du collet et donnent au sommet de la plante l'aspect d'un balai de sorcière. Au début, les feuilles plus âgées blanchissent, puis deviennent cuivrées, rougies ou les deux à la fois. Les feuilles rougies sont caractéristiques et facilement reconnaissables dans le champ (6.29).

Les pétioles vrillent et ne tardent pas à casser, ne laissant qu'une touffe de fanes qui rend impossible la récolte mécanisée ou le bottelage pour le marché de produits frais. De nombreuses racelles fibreuses et difformes croissent en rangées le long de l'axe vertical de la racine principale (6.30). La couleur, la texture et le goût des racines malades sont altérés. Par temps humide, le collet des plantes malades est sensible à la pourriture molle bactérienne. La maladie peut continuer de progresser en entrepôt. Les porte-graines peuvent être affectés à divers degrés par le rabougrissement, les malformations, la chlorose et la stérilité des ombelles.

L'intensité de la jaunisse et les dommages causés aux cultures de carottes dépendent de l'âge de la culture au moment de l'infection et du temps qu'a la maladie pour se développer au champ avant la récolte. La maladie est plus grave sur les carottes récoltées tardivement.

Agent pathogène (voir Laitue, jaunisse de l'aster)

Cycle évolutif (voir Laitue, jaunisse de l'aster)

Moyens de lutte (voir aussi cicadelle de l'aster, dans le présent chapitre)

Dépistage — Au Québec, les symptômes de jaunisse sur la carotte sont notés selon l'échelle suivante : 0, aucun symptôme; 1, symptômes rares; 2, symptômes à tous les 10 pas; 3, symptômes à tous les cinq pas; et 4, symptômes à chaque pas. À l'échelon 4, il est habituellement préférable d'avoir une mesure plus précise de l'incidence de la maladie.

Pratiques culturales — Il importe que les producteurs luttent contre les mauvaises herbes, dans lesquelles le mycoplasme de la jaunisse de l'aster survit, et évitent de planter des carottes près de champs où croissent des cultures sensibles comme la laitue. Tous les résidus provenant de cultures sensibles doivent être détruits immédiatement après la récolte.

Références bibliographiques

Crête, R. 1980. *Maladies de la carotte au Canada*. Agric. Can. Publ. 1615/F. 25 pp.

(Texte original de R. Crête et G. Boivin)

MALADIES NON PARASITAIRES

► Chancre de chaleur

Fig. 6.32 à 6.34

Le chancre de chaleur survient lorsque les tissus racinaires de carotte situés au niveau du sol ou juste au-dessus sont

endommagés et tués par des températures élevées. Lors de journées ensoleillées, la température à la surface du sol peut atteindre de 50 à 65°C. Le chancre de chaleur cause des pertes considérables chez les plantules de carotte et peut aussi causer des dommages à des stades plus avancés de croissance. Il peut se produire sur des carottes cultivées dans des sols organiques ou minéraux, mais les sols fonceés sont plus sujets à chauffer en surface.

Symptômes Chez les plantules de carotte, la chaleur entraîne la destruction et la mort des tissus à la surface du sol ou juste au-dessus. Les fanes s'affaissent ou se brisent et la plantule meurt (6.32). Si les plantes sont plus grosses lorsqu'elles sont affectées, seules les cellules corticales sont tuées. Elles ratatinent, se décolorent et forment une constriction près du haut de la carotte (6.33). Le système vasculaire peut être épargné et les fanes peuvent ainsi continuer leur croissance. Selon l'ampleur des dommages causés, les fanes peuvent se briser ou la racine entière mourir si le flux de substances nutritives dans le phloème est interrompu. D'autres plants de carotte peuvent survivre, mais les dommages causés les rendent généralement invendables (6.34).

Moyens de lutte Pratiques culturales — La lutte contre le chancre de chaleur consiste à empêcher ou à prévenir le chauffage excessif de la surface du sol. Les semis précoces au printemps en sols humides et frais échappent souvent au problème. On a expérimenté l'irrigation par aspersion pour refroidir la surface du sol et fournir de l'eau aux plantules, mais les résultats sont mitigés. L'augmentation de la densité des semis pour que les plantules ombragent le sol peut se révéler efficace. Le semis à la volée de plantes-abri comme l'orge ou l'épinard pour ombrager le sol et réduire l'érosion par le vent est efficace. On peut aussi laisser les mauvaises herbes pour fournir de l'ombre. Il est essentiel, si l'une ou l'autre de ces approches est utilisée, d'éliminer en temps opportun la plante-abri ou les mauvaises herbes avec un herbicide sélectif.

Références bibliographiques

Crête, R. 1980. *Maladies de la carotte au Canada*. Agric. Can. Publ. 1615/F. 25 pp.

(Texte original de M.R. McDonald et R. Crête)

► Éclatement

Fig. 6.31

L'éclatement est causé par des variations du taux d'humidité dans le sol durant la saison de croissance. La croissance et l'expansion des racines de carotte sont retardées lorsque le sol est sec. Si des pluies abondantes succèdent à des périodes de sécheresse, la croissance reprend brusquement et les carottes prennent de l'expansion tellement rapidement qu'elles fendent. Cet accident se produit parfois sur des carottes qui croissent dans des conditions de pluie régulière et à des niveaux modérés d'humidité du sol, ce qui suppose que d'autres facteurs qui n'ont pas encore été identifiés pourraient être impliqués.

L'éclatement se produit sporadiquement sur les carottes, mais l'incidence est rarement assez élevée pour affecter les rendements en carottes vendables. Dans une récolte normale, il n'est pas rare que 20 % de carottes tordues, brisées

ou avariées soient rejetées, de sorte qu'une incidence de 5 % de carottes éclatées ne présente pas un problème. Cependant l'incidence peut être parfois de 30 à 50 %.

Symptômes La carotte éclatée présente des crevasses longitudinales qui peuvent avoir moins d'un centimètre ou faire la longueur complète de la racine (6.31). Habituellement il n'y a pas de lésions apparentes ou de dommages dus à la pourriture ou aux insectes associés au fendillement. La chair autour de la crevasse semble saine. De courtes crevasses verticales peuvent se retrouver parmi les lésions de la maladie de la tache, mais on croit qu'elles n'ont rien à voir avec les crevasses de carottes éclatées. L'éclatement a été observé sur des carottes de toutes tailles, mais est habituellement plus fréquent sur les grosses carottes. Les crevasses de carottes éclatées depuis un certain temps peuvent être recouvertes d'une couche rugueuse de tissus subéreux. Les crevasses peuvent servir de porte d'entrée à des parasites telluriques tels que les *Sclerotinia*, les *Rhizoctonia*, les *Fusarium* et les bactéries de la pourriture molle.

Moyens de lutte Pratiques culturales — Pour diminuer l'incidence de l'éclatement, on doit cultiver les carottes dans des sols bien drainés, mais qui ont une bonne capacité de rétention de l'eau. Si les carottes sont cultivées sous irrigation, un arrosage régulier aide à prévenir les stress hydriques et l'éclatement.

(Texte original de M.R. McDonald)

NÉMATODES

► Nématode cécidogène du nord (nématode à galles du nord)

Fig. : 6.35;
voir dans le texte

Meloidogyne hapla Chitwood

Au Canada, ce nématode attaque presque tous les genres de plantes que l'on cultive en général dans les jardins potagers, en champ et en serre. Il survit et se développe à des températures inférieures à celles que supportent le *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood, le *M. javanica* (Treub) Chitwood et le *M. arenaria* (Neal) Chitwood, principaux nématodes cécidogènes que l'on retrouve au sud. Lorsqu'elles sont présentes, ces trois dernières espèces infectent et survivent dans les cultures en serre au Canada. Les plantes malades, le sol infesté et les tas de racines ou de tubercules sont des sources d'inoculum. De nombreuses serres et autres endroits ont été infestés par le nématode cécidogène en repiquant des tomates, du céleri ou des poivrons infectés.

Symptômes Puisque les nématodes cécidogènes attaquent la plupart des cultures légumières au Canada, on présente ici les symptômes chez plusieurs plantes-hôtes:

Légumes-racines (carotte, ginseng, panais et pomme de terre) — Lorsque la population de nématodes dans le sol est élevée, on note des zones où les plantes sont manquantes ou chétives. En champ, les feuilles semblent généralement saines, bien qu'elles soient plus petites et plus pâles que d'habitude. Une teinte rougeâtre peut appa-

raître à l'endos de la feuilles alors qu'elle est encore verte. Souvent, les feuilles plus âgées jaunissent et sèchent prématurément. Les plantes infectées subissent une sénescence précoce. Quelques semaines après la plantation, de petites protubérances et ramifications sont visibles sur les racines latérales, avant même que les racines pivotantes commencent leur croissance. Le développement de la racine pivotante est retardé et, à maturité, les racines sont déformées, courtes, ramifiées ou noueuses. Les racines secondaires sont souvent anormalement ramifiées ou chevelues (6.35). Il peut y avoir de nombreux renflements racinaires, à partir desquels partent de petites radicules. Les rendements en produits vendables sont considérablement diminués à cause de la piètre apparence des racines pivotantes et des tubercules, et non pas à cause d'une perte directe de poids. Chez la pomme de terre (16.84), les nématodes cécidogènes pénètrent la racine et les lenticelles du tubercule. Les tubercules de pomme de terre qui présentent des galles sur le péricarpe sont dépréciés.

Légumes-feuilles (céleri, laitue, rhubarbe et épinard)

— Les symptômes varient en fonction de la densité des nématodes dans le sol au moment de la plantation. Lors de graves infestations, les plantes affectées flétrissent, pâlissent et jaunissent progressivement. Les racines présentent de nombreuses petites protubérances à partir desquelles croissent des radicules; elles produisent une ramification plus importante qui donne une apparence dendroïde. Les protubérances ressemblent aux nodules des légumineuses produits par la bactérie *Rhizobium*, excepté que les galles des nématodes sont sphériques, ne s'allongent pas et ne se colorent jamais. La prolifération de radicules du système racinaire des plantes malades le fait paraître plus développé que celui des plantes saines. Chez le céleri et l'épinard, la perturbation de la croissance s'exprime par le jaunissement et le rabougrissement des pétioles et des feuilles et, chez la laitue pommée, par un retard de la maturation ou l'absence de pommes.

Légumineuses (fève, haricot vert, haricot mange-tout et pois) — Les symptômes sur les feuilles et les racines sont semblables à ceux que l'on observe chez les légumes-feuilles. De plus, la floraison est souvent faible, produisant des fruits plus petits et en moins grand nombre.

Légumes-fruits (cucurbitacées, aubergine, poivron et tomate) — Ces légumes sont très sensibles au nématode cécidogène du nord (18.62). Les plantes infectées sont chétives et présentent des symptômes foliaires graves de chlorose et de sénescence précoce. La floraison et la nouaison sont affectées et les fruits sont habituellement moins nombreux et plus petits que chez les plantes saines. On cultive aussi ces plantes en serre où les dommages peuvent être très importants. Contrairement au *Meloidogyne hapla*, le nématode cécidogène du sud (*M. incognita*) provoque, en général, l'apparition de grandes galles racinaires composées et bien visibles (22.54 à 22.57; 25.51); les feuilles des plants de tomate infestés par le *M. incognita* sont parfois violacées à la face inférieure, ce qui ressemble à une carence en phosphore.

Crucifères (brocoli, choux de Bruxelles, chou, chou-fleur, chou frisé, navet et rutabaga) et bette à carde — Ces cultures sont tolérantes à résistantes au nématode céci-

dogène du nord et subissent moins de dommages que la plupart des autres cultures légumières. Les cultures résistantes présentent de très petites galles difficiles à identifier. Lors de fortes infestations de nématodes cécidogènes, on observe des pertes de rendement et un retard de la maturité.

Bulbes comestibles (oignon, ail, poireau et échalote) —

Les symptômes foliaires et racinaires sont semblables à ceux des légumes-feuilles. Les nématodes infectent les racines, mais pas les bulbes. Les bulbes comestibles sont généralement assez sensibles aux infestations de nématodes cécidogènes. On utilise parfois l'oignon en rotation avec la carotte parce qu'il subit moins de dommages lorsque les populations de nématodes sont relativement petites.

Identification Le *Meloidogyne hapla* (ordre : Tylenchida, famille : Heteroderidae) a une structure céphalique fragile et les larves mobiles du deuxième stade larvaire et les femelles adultes ont un stylet. Le dimorphisme sexuel est marqué. Les mâles sont migrants, longs et robustes, avec une courte queue ronde. Les femelles sont sédentaires, globuleuses et habitent les racines. Les stries transversales de la cuticule autour de l'orifice génital (vulve) et de l'anus de la femelle adulte forment un dessin utile pour l'identification.

Biologie Les nématodes attirés par les exsudats racinaires migrent vers les racines peu après la germination des graines et l'élongation de la racine. Les larves du deuxième stade larvaire pénètrent les apex racinaires. Elles insèrent elles-mêmes leur tête dans les tissus vasculaires et provoquent la formation de cellules géantes dans lesquelles elles se nourrissent. Les larves grandissent considérablement et subissent trois mues. La migration de ces parasites dans le cortex et la localisation des perforations de nutrition dans les tissus vasculaires modifient la morphologie de la racine. Les tissus racinaires s'agrandissent par hypertrophie et hyperplasie des cellules de parenchyme vasculaire, ce qui provoque de petites protubérances, nodosités ou galles. À chaque galle, et surtout aux apex racinaires, la croissance du nématode entraîne la ramification des racines, leur donnant une apparence feutrée et dendroïde.

Les femelles deviennent tellement renflées qu'elles font souvent saillie à l'extérieur de la galle. Lorsque les températures du sol avoisinent 20°C, chaque femelle produit plusieurs centaines d'oeufs en quelques semaines. Elles pondent leurs oeufs à la surface de la galle en une masse brun foncé et gélatineuse, de la taille d'une tête d'épingle, que l'on peut voir à l'oeil nu. Les larves infectieuses du deuxième stade larvaire se développent approximativement en deux semaines. Elles peuvent réinfecter les nouvelles racines et former de nouvelles galles.

Moyens de lutte Dépistage — Le *Meloidogyne hapla* se reproduit rapidement. À la mi-saison, on retrouve dans le sol ou sur les racines des populations moyennes à élevées de larves (500 à plusieurs milliers par 100 mL de sol ou par gramme de racines). Des populations faibles à moyennes de *M. hapla* avant la plantation entraînent généralement des dommages chez les cultures sensibles. Le seuil de dommages pour la carotte et le panais est d'une à quelques larves par 100 mL de sol, ce qui se situe à la limite de détection.

Pratiques culturales — Des rotations avec des cultures qui ne servent pas d'hôtes, telles que les céréales, contribuent à réduire les populations de nématodes cécidogènes dans le

sol. Dans les petites exploitations et les jardins potagers, on peut intercaler des tagètes (*Tagetes patula* L. et *T. erecta* L.) entre les rangs de carottes; la solarisation et la fumigation des sols sont aussi des pratiques efficaces. Voir chapitre 3, Lutte contre les nématodes.

Références bibliographiques

- Bélaïr, G. 1987. A note on the influence of cultivar, sowing date and density on damage to carrot caused by *Meloidogyne hapla* in organic soil. *Phytoprotection* 68:71-74.
- Kimpinski, J. 1975. Nematodes associated with vegetables in Prince Edward Island, Canada. *Plant Dis. Rep.* 59:37-39.
- Olthof, T.H.A., et J.W. Potter. 1972. Relationship between population densities of *Meloidogyne hapla* and crop losses in summer maturing vegetables in Ontario. *Phytopathology* 62:981-986.
- Olthof, T.H.A., et J.W. Potter. 1977. Effect of population densities of *Meloidogyne hapla* on growth and yield of tomato. *J. Nematol.* 9:296-300.
- Potter, J.W., et T.H.A. Olthof. 1974. Yield losses in fall maturing vegetables relative to population densities of *Pratylenchus penetrans* and *Meloidogyne hapla*. *Phytopathology* 64:1072-1075.
- Vrain, T.C., et L.R. Baker. 1980. Reaction of hybrid carrot cultivars to *Meloidogyne hapla*. *Can. J. Plant Pathol.* 2:163-168.
- Vrain, T.C. 1982. Relationship between *Meloidogyne hapla* density and damage to carrots in organic soils. *J. Nematol.* 14:50-57.

(Texte original de T.C. Vrain)

► Nématode des lésions racinaires

Fig. 16T4

Pratylenchus penetrans (Cobb) Filip. & Stek.

Symptômes Les carottes affectées par des symptômes de flétrissement et de rabougrissement se présentent en îlots lors de fortes infestations; leurs feuilles jaunissent. La racine principale est petite, fourchue et tarde à se développer. Les racines secondaires sont nécrosées et couvertes de zones sèches. Pour la description complète, voir Pomme de terre, nématode des lésions racinaires; voir aussi chapitre 3, Lutte contre les nématodes.

INSECTES

► Charançon de la carotte

Fig. 6.41 à 6.44; 3T2

Listronotus oregonensis (LeConte)

Le charançon de la carotte est indigène en Amérique du Nord et on le trouve au Manitoba, en Ontario, au Québec et en Nouvelle-Écosse. Comme la mouche de la carotte, le charançon de la carotte est l'un des principaux ravageurs des carottes cultivées dans les sols organiques au Québec et en Ontario depuis le début des années soixante-dix.

Le charançon de la carotte attaque les ombellifères. En plus de la carotte, il attaque aussi le céleri, l'aneth, le persil et le panais. Plusieurs ombellifères sauvages telles que la carotte sauvage, le panais sauvage et la berle douce (*Sium suave* Walt.), des polygonacées telles que la patience (*Rumex obtusifolius* L.) et la patience crépue (*R. crispus* L.), et des plantaginacées telles que le plantain majeur (*Plantago major* L.) et le plantain lancéolé (*P. lanceolata* L.) servent d'hôtes.

Dommages Chez la carotte, les larves du charançon de la carotte causent des dommages économiques en creusant

des galeries dans le pétiole, le cœur et la racine de la plante. Les galeries des jeunes larves sont petites, mais celles des larves plus âgées mesurent jusqu'à 5 à 8 mm de diamètre. Les larves qui se nourrissent laissent en surface une mince couche de cellules, qui s'affaisse pendant la saison en laissant des cicatrices visibles sur les racines. En général, les galeries des larves se retrouvent dans le tiers supérieur de la racine (6.41). Les jeunes plants de carotte flétrissent et meurent à la suite de ces attaques, et les bactéries et les champignons envahissent les carottes par les galeries creusées par les larves (6.42). Dans les champs commerciaux incorrectement traités, les dommages peuvent atteindre 12 % de la culture. Cependant dans les champs non traités, le charançon de la carotte peut entraîner des dommages supérieurs à 70 %.

Identification Les adultes du charançon de la carotte (Curculionidae) sont allongés et brun foncé à noirs. Les rayures sur le thorax et les ailes antérieures (élytres) résultent de la présence de rangées d'écailles sombres (6.43). Les adultes mesurent en moyenne 7 mm de longueur et 2,5 mm de largeur et les mâles sont habituellement plus petits que les femelles. Les oeufs mesurent 0,8 sur 0,5 mm, sont jaune pâle au moment de la ponte et deviennent plus foncés avec l'âge. Il existe quatre stades larvaires et les larves apodes blanc crème ont la tête de couleur ambre (6.44). Les pupes ont la même taille et la même couleur que les larves de quatrième stade.

Biologie Les adultes du charançon de la carotte hibernent dans les champs de carottes ou à proximité. Ils émergent tôt au printemps et se nourrissent du feuillage des jeunes plants de carotte. Les femelles pondent leurs oeufs sur les pétioles de carotte lorsque les plantes atteignent le stade de la quatrième vraie feuille et sur les plants de céleri repiqués tôt au printemps. Au Québec, la ponte se poursuit jusqu'à l'accumulation de 600 degrés-jours au-dessus de 7°C. Les larves creusent des galeries jusque dans la racine pivotante et, une fois leur croissance complétée, abandonnent la racine et se métamorphosent en nymphes dans le sol. Les nouveaux adultes émergent à la fin d'août et en septembre, se nourrissent sur les feuilles de carotte sans causer de dommages économiques et partent à la recherche de leurs quartiers d'hiver. À ce temps de l'année, la température et la photopériode provoquent chez les nouveaux adultes une phase d'arrêt de la reproduction (diapause reproductive) et ils pondent rarement à l'automne.

Le charançon de la carotte ne produit normalement qu'une seule génération par année sur les carottes cultivées au Québec et en Ontario. Cependant, il peut y avoir une deuxième génération partielle s'ils pondent sur d'autres plantes-hôtes au début du printemps et que la nouvelle génération d'adultes apparaît en juillet lorsque les conditions sont encore adéquates pour les activités d'accouplement et de ponte. Les carottes laissées en champ à l'automne, en raison de temps trop pluvieux par exemple, deviennent des endroits de pontes accessibles tôt au printemps lorsque les adultes émergent de leurs quartiers d'hiver.

Moyens de lutte Dépistage — Au Québec, on procède au dépistage des adultes du charançon de la carotte à l'aide de pièges faits de plaques de bois espacées de 3 mm. On place une carotte comme appât dans un creux au bas du piège. On utilise deux groupes de trois pièges chacun pour chaque champ de quatre hectares ou moins et chaque groupe est

placé près des zones probables d'infestation, entre 3 et 5 mètres à l'intérieur du champ. Les pièges sont espacés de 2 m, enfoncés légèrement dans le sol et tenus en place par une tige métallique. On visite les pièges deux fois par semaine, du début mai jusqu'à ce que les plants de carotte atteignent le stade cinq feuilles. Si on ne dispose pas de ces pièges, on utilisera des carottes fichées dans le sol autour des champs de carottes. On dispose dix carottes à un mètre de distance et à trois mètres à l'intérieur du champ; on les remplace deux fois par semaine, à partir de la date du semis. On dénombre les piqûres d'alimentation et de ponte du charançon sur chacune des carottes pour une période de 7 jours.

Lorsqu'on utilise des pièges faits de plaques de bois tels que décrits ci-haut, on applique les seuils de nuisibilité suivants au Québec. Si le nombre cumulatif de charançons capturés depuis le début de la période de dépistage est inférieur à neuf adultes pour six pièges, aucun traitement n'est nécessaire. Si le total est de 9 à 30 adultes pour six pièges, un avis de traitement est alors donné, dès le stade deux feuilles, au producteur qui devra traiter les plantes avant le stade quatre feuilles. On remplace ensuite les pièges afin de vérifier l'efficacité du traitement. S'il y a plus de 30 adultes pour six pièges, un avis de traitement est donné au stade deux feuilles et on remplace les pièges. Dans ce cas, un autre traitement est requis au stade quatre feuilles afin de ramener les populations de charançons sous le seuil de nuisibilité. Au Québec, lorsqu'on utilise des carottes comme leurres, le seuil est de 20 piqûres d'alimentation ou de ponte pour 10 carottes pour une période de sept jours.

En Ontario, on procède au dépistage des adultes du charançon de la carotte en suivant la méthode utilisée au Québec ou en enfonçant verticalement dans le sol des morceaux de carotte de 5 à 10 cm de longueur entre les rangs de champs de carottes. On distribue 5 à 10 groupes de cinq morceaux chacun aux extrémités du champ. On évalue les populations d'adultes du charançon de la carotte grâce au nombre de piqûres de ponte pratiquées dans ces morceaux de carotte. Le nombre de piqûres par morceau de carotte par jour, la proportion de morceaux de carotte attaqués et le nombre maximum d'attaques observées indiquent la probabilité de dommages causés par le charançon en champ. Le seuil est de 0,3 piqûre de ponte par morceau de carotte par jour ou plus de 25 % des morceaux de carotte présentant des piqûres de ponte.

Pratiques culturales — On recommande souvent la rotation des cultures, mais il est pratiquement impossible d'isoler suffisamment les champs de carottes des sources de charançon dans les régions où l'on pratique la culture intensive de la carotte. Les semis tardifs réduisent les dommages causés par le charançon de la carotte puisque les carottes semées après une accumulation de 400 à 450 degrés-jours au-dessus de 7°C ne sont intéressantes pour le charançon qu'après la période de ponte. Il faut enlever les carottes laissées en champ, autrement elles servent d'abris aux insectes pendant l'hiver et d'aires de ponte tôt au printemps et permettent la production d'une deuxième génération; ces déchets rivalisent aussi avec les pièges et les leurres dans les champs où l'on fait du dépistage. On enlève les mauvaises herbes gardées comme brise-vent au début de la saison parce qu'au moment d'effectuer des traitements, elles

agissent comme une barrière entre les insecticides et les adultes du charançon de la carotte. Autant que possible, on ne doit pas utiliser d'ombellifères en rotation avec la carotte.

Lutte biologique — Plusieurs carabes (Carabidae) attaquent les oeufs, les larves et les adultes du charançon de la carotte et, au Québec, une guêpe, l'*Anaphes sordidatus* (Girault), parasite plus de 50 % des oeufs de charançon de la carotte dans les parcelles non traitées. De plus, la souche *Listronotus* du nématode entomophage *Steinernema carpocapsae* (Weiser) (syn. *Neoplectana carpocapsae* Weiser et *Steinernema feltiae* (Filipjev) dans la littérature antérieure), les champignons *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. et *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. et la bactérie *Bacillus thuringiensis* Berliner sont des agents potentiels de lutte biologique contre un insecte tel que le charançon de la carotte, qui passe la plus grande partie de sa vie dans le sol. En dépit du fait que ces organismes se retrouvent à l'état naturel et que plusieurs études les considèrent comme des agents de lutte biologique contre le charançon de la carotte, la lutte biologique n'a pas été développée sur une base commerciale.

Lutte chimique — L'utilisation d'un insecticide granulaire contre les larves du charançon de la carotte lors du semis, avant qu'elles pénètrent dans la racine, a été abandonné au début des années quatre-vingts. Aucune résistance ou signe de résistance aux insecticides organophosphorés maintenant utilisés n'a été signalé. Présentement, on lutte contre les adultes du charançon de la carotte en appliquant un ou deux traitements foliaires à 10 à 14 jours d'intervalle. On recommande ces traitements après que la plupart des adultes ont quitté les aires où ils hivernent, mais avant le début de la ponte. Ces recommandations correspondent au stade trois feuilles au Québec et au stade une feuille en Ontario.

Si on a constaté des dommages supérieurs à 2 % l'année précédente, on suggère d'effectuer un traitement insecticide. Lorsqu'il n'y a pas de mauvaises herbes, on applique l'insecticide à raison de 250 à 400 L de solution par hectare. S'il y a des mauvaises herbes, on augmente la quantité de solution à appliquer afin d'augmenter la pénétration du couvert végétal.

Références bibliographiques

- Boivin, G. 1988. Effects of carrot developmental stages on feeding and oviposition of carrot weevil, *Listronotus oregonensis* (LeConte) (Coleoptera: Curculionidae). *Environ. Entomol.* 17:330-336.
- Boivin, G. 1988. Laboratory rearing of *Anaphes sordidatus* (Hymenoptera: Mymaridae) on carrot weevil eggs (Col.: Curculionidae). *Entomophaga* 33:245-248.
- Boivin, G., et G. Bélair. 1989. Infectivity of two strains of *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) in relation to temperature, age and sex of carrot weevil (Coleoptera: Curculionidae) adults. *J. Econ. Entomol.* 82:762-765.
- Le Blanc, J.P.R., et G. Boivin. 1993. A note on the detection of the carrot weevil in Nova Scotia. *Phytoprotection* 74: 113-115.
- Stevenson, A.B. 1985. Early warning system for the carrot weevil (Coleoptera: Curculionidae) and its evaluation in commercial carrots in Ontario. *J. Econ. Entomol.* 78:704-708.

(Texte original de G. Boivin)

► Cicadelle de l'aster

Fig. 11.39 et 11.40

Macrostelus quadrilineatus (Forbes)
(syn. *Macrostelus fascifrons* auct. non Stål)

Les populations de cicadelles de l'aster (voir Laitue pour la description et la biologie) commencent à se développer sur les carottes lorsque les adultes quittent les céréales d'hiver et les légumes semés tôt au printemps, tels que la laitue. Une augmentation ultérieure se produit lorsque la génération qui suit quitte les céréales de printemps. La cicadelle de l'aster se nourrit sur les carottes tout au long de l'été et ses populations ne diminuent qu'à l'automne.

Dommages Chez la carotte, la cicadelle de l'aster se nourrit des feuilles, mais ne cause pas de dommages économiques. Cependant, en se nourrissant l'adulte peut transmettre le mycoplasme de la jaunisse de l'aster (voir jaunisse de l'aster, dans le présent chapitre).

Moyens de lutte Certaines années, les populations de cicadelles de l'aster ou la proportion de cicadelles de l'aster porteuses de la jaunisse de l'aster peuvent augmenter, ce qui nécessite la mise en place de moyens de lutte afin de réduire les dommages économiques causés par la jaunisse de l'aster.

Dépistage — Idéalement, la décision de recourir aux insecticides devrait être basée à la fois sur le nombre de cicadelles et sur la proportion de cicadelles adultes infectieuses, mais il n'existe pas présentement de méthode pratique pour évaluer ces deux paramètres. C'est pour cette raison qu'il n'existe pas de seuil de nuisibilité pour la carotte. Le dépistage permet cependant au producteur de synchroniser les traitements en fonction de l'augmentation de la densité des populations de la cicadelle de l'aster. Au Québec, on procède au dépistage des cicadelles en même temps que celui d'autres ravageurs de la carotte et on note l'importance de leurs populations sur une échelle de 0 (pas de cicadelles) à 2 (grand nombre de cicadelles). En Ontario, le dépistage se fait grâce à des pièges jaunes collants semblables à ceux utilisés pour la mouche de la carotte. Les pièges révèlent des augmentations soudaines du nombre de cicadelles, ce qui indique qu'il est temps de recourir à des moyens de lutte. Les producteurs doivent commencer tôt le dépistage et le poursuivre tout au long de la saison afin de détecter les augmentations de populations.

Lutte chimique — Chez la carotte, la lutte contre la cicadelle de l'aster se fait à l'aide d'insecticides. On conseille aux producteurs de pulvériser un insecticide si la densité des cicadelles adultes augmente rapidement suite à des migrations en provenance de champs de laitue, de luzerne ou de foin récemment récoltés, ou suite à l'apparition de symptômes de jaunisse de l'aster. Sur la carotte, on n'a pas signalé de résistance aux insecticides chez cette cicadelle au Canada.

Références bibliographiques

- Chapman, R.K. 1973. Integrated control of aster yellows. *Proc. North Central Branch Entomol. Soc. Am.* 28:71-92.
 Chaput, J., et M.K. Sears. 1991. The aster leafhopper and aster yellows. Ontario Ministry Agric. Food *Factsheet* 91-003. 3 pp.
 Miller, L.A., et A.J. DeLyzer. 1960. A progress report on studies of biology and ecology of the six-spotted leafhopper, *Macrostelus fascifrons* (Stal), in southwestern Ontario. *Proc. Entomol. Soc. Ontario* 90:7-13.

(Texte original de G. Boivin)

La mouche de la carotte est un ravageur important dans les principales régions où l'on cultive la carotte dans l'est de Terre-Neuve, au Québec, en Ontario et en Colombie-Britannique; récemment, elle a été identifiée en Alberta. Introduite au Canada en 1885, elle n'est devenue un ravageur important que depuis les années quarante. À Terre-Neuve, on l'a observée pour la première fois à Saint-Jean à la fin des années trente; puis elle s'est étendue à la région de Conception Bay et, à la fin des années cinquante, aux régions productrices de carottes de la région de Bonavista Bay. Au Québec, on fait mention de la mouche de la carotte dès 1908, mais elle n'est devenue importante qu'au début des années quatre-vingts alors qu'elle était déjà présente dans toutes les régions productrices de carottes, bien que la densité de ses populations ait été faible. En Ontario, où cet insecte est le principal ravageur de la carotte, le céleri infesté sert de réservoir pour l'infestation de la carotte plus tard en saison. En Colombie-Britannique, la mouche de la carotte est le principal insecte nuisible des carottes dans les régions côtières du sud et un ravageur sporadique dans la partie sud des vallées de l'Okanagan et de la Kootenay.

La mouche de la carotte attaque plusieurs ombellifères. La carotte est la plante cultivée qu'elle préfère, mais le céleri, le persil et le panais sont aussi touchés. En Colombie-Britannique, les dommages causés par la mouche de la carotte sur d'autres plantes que la carotte n'ont pas de répercussions économiques. En Ontario, les infestations chez le céleri justifient rarement le recours à des traitements (voir Céleri, mouche de la carotte).

Dommages Les larves (6.36), responsables des dommages causés par la mouche de la carotte, sont attirées par le dioxyde de carbone émis par les plants de carotte et se nourrissent sur les racines. En début de saison, les dommages causés aux racines peuvent tuer les jeunes plantes ou entraîner la formation de racines fourchues, rabougries ou fibreuses chez la plante à maturité. Les larves plus âgées entrent dans la racine pivotante et creusent des galeries dans le tiers inférieur de la racine (6.37 et 6.39). Au Québec et en Ontario, la première génération d'été devient adulte avant qu'elle puisse endommager les carottes hâtives et la plupart des dommages sont causés par la deuxième génération d'été. En Colombie-Britannique, les première et troisième générations d'été causent aussi des dommages. Les zones à proximité de plantes-abris sont les plus susceptibles de subir des dommages, alors que les cultures de carottes dans les zones ouvertes ne sont généralement pas affectées par cet insecte. Les adultes de la mouche de la carotte ne transmettent pas de parasites. Cependant, les bactéries et les champignons peuvent envahir la carotte par les galeries creusées par les larves, et les larves plus âgées causent de graves dommages aux carottes entreposées.

Dans l'est de Terre-Neuve, la mouche de la carotte cause des dommages surtout dans les petites fermes et dans les jardins potagers. Au Québec, les populations de la mouche de la carotte et l'importance des dommages sont croissants. En Ontario, cette mouche est déjà un ravageur important dans les régions de Bradford Marsh et Holland Marsh. Les résultats peu fiables obtenus avec les insecticides chimiques et l'absence de méthodes de lutte biologique à

► Mouche de la carotte

Psila rosae (Fabricius)

Fig. 6.36 à 6.40; 3T1

l'échelle commerciale accentuent l'importance de cet insecte comme ravageur. Cependant, l'implantation d'un programme de dépistage, comme cela se fait en Colombie-Britannique, peut réduire les quantités d'insecticides qu'on utilise contre la mouche de la carotte.

Identification Les adultes (6.40) de la mouche de la carotte (Psilidae) sont noirs, mesurent environ 6 mm de longueur et ont une tête rougeâtre et de longues pattes jaunes. La larve (6.36) apode est blanc crème et munie de crochets buccaux foncés. La puppe (puparium) brun rougeâtre (6.38) est cylindrique et mesure environ 4,5 mm de longueur.

Biologie La mouche de la carotte hiverne sous forme de puppe (puparium) dans le sol jusqu'à une profondeur de 10 cm. Les adultes émergent à la fin d'avril ou au début de mai en Colombie-Britannique, au milieu du mois de mai en Ontario, à la fin de mai ou au début de juin au Québec et à la fin de juin ou au début de juillet à Terre-Neuve. À l'émergence, ces adultes abandonnent les champs de carottes et partent à la recherche de plantes-abris sur lesquelles ils se nourrissent et s'accouplent. En soirée, les femelles laissent les plantes-abris et pondent leurs oeufs au sol dans les champs de carottes. Les jeunes larves se nourrissent sur les radicelles alors que les larves plus âgées pénètrent dans la racine primaire et creusent des galeries dans le tiers inférieur du pivot. Parvenues à maturité, les larves abandonnent la carotte et se transforment en puppe dans le sol. À Terre-Neuve, il n'y a qu'une seule génération de pupes (puparium) qui hivernent. Au Québec et en Ontario les adultes émergent de la mi-août à la mi-septembre et, en Colombie-Britannique, de la fin juillet au milieu d'août. Au Québec, toutes les pupes de la deuxième génération d'été, ou une grande partie, hivernent. En Ontario, certaines années, une troisième génération partielle d'été hiverne aussi. En Colombie-Britannique, la deuxième génération d'été devient adulte et se reproduit au milieu d'octobre et la troisième génération d'été hiverne (sous forme de pupes).

Moyens de lutte *Dépistage* — Au Québec, en Ontario et en Colombie-Britannique, on dépiste les adultes de la mouche de la carotte à l'aide de pièges jaunes collants. Ces pièges, attachés verticalement à des pieux, sont placés 5 à 10 cm au-dessus du couvert végétal et 1 à 2 m à l'intérieur du champ. Ces pièges sont distribués dans le champ à des intervalles de 100 m, comme cela se fait au Québec, ou à raison d'un à deux pièges par hectare comme en Colombie-Britannique. Le dépistage des insectes dans les zones à l'abri du vent doit se faire avec soin. On visite les pièges deux fois par semaine et on dénombre les adultes. On remplace les pièges lorsqu'ils sont sales ou à tous les 7 à 10 jours. Le dépistage se fait de la mi-avril jusqu'à la récolte en Colombie-Britannique et du milieu d'août à la fin de septembre au Québec. Au Québec et en Ontario, les seuils de nuisibilité sont respectivement de 0,2 et 0,1 mouche par piège par jour. Lorsque les captures dépassent ce seuil, la probabilité de dommages est élevée. En Colombie-Britannique, le seuil est de 0,25 mouche par piège par jour ou des captures de 0,1 à 0,25 mouche par piège par jour, pendant plus d'une semaine.

Pratiques culturales — En Ontario, dans la région de Holland Marsh, on évite les dommages causés par les

larves de la première génération en semant les carottes après la mi-mai. En Colombie-Britannique, on conseille parfois aux producteurs de tondre les fanes de carotte en fin de saison, en laissant juste assez de tiges pour la récolte mécanisée. Cette pratique permet une meilleure couverture des plantes lors des pulvérisations; elle améliore la ventilation et ralentit la croissance des carottes, ce qui permet d'éviter que les carottes ne deviennent trop grosses. En général, les dommages sont confinés autour des abris et aux bordures de champ de sorte que ces dernières devraient être récoltées plus tôt afin d'enlever les carottes les plus vulnérables avant que les larves ne pénètrent leurs racines. Au Québec et en Ontario, les carottes récoltées avant le mois d'octobre échappent à la majeure partie des dommages. Les producteurs devraient éviter de semer des carottes dans les zones à haut risque, comme à proximité de zones protégées ou humides, de repousses de carotte, de carottes sauvages et de persil, ou de champs qui ont subi des dommages importants l'année précédente.

Lutte biologique — Deux parasites de la mouche de la carotte, le *Dacnusa gracilis* (Nees) et le *Loxotropa tritoma* (Thoms), ont été importés au Canada. Ces deux parasites ont été libérés en Ontario et en Colombie-Britannique dans les années cinquante et le *D. gracilis* a été relâché une seconde fois au Québec en 1986, mais aucune de ces espèces ne s'est établie. On ne connaît pas l'impact des parasites et des micro-organismes naturels sur la mouche de la carotte. Il n'existe pas d'agent de lutte sur le marché.

Lutte chimique — On n'utilise plus un insecticide granulaire dans les raies de semis parce que cet insecticide était sujet à la dégradation par les micro-organismes telluriques. On recommande de procéder à des pulvérisations contre les adultes lorsque le nombre de mouches sur les pièges dépasse le seuil de nuisibilité. En l'absence d'un programme de dépistage, on doit répéter les traitements à tous les 7 à 10 jours. Ces traitements ont peu d'effets parce que les adultes ne sont présents dans les champs de carottes que pendant une brève période, qu'ils migrent à partir d'hôtes secondaires, qu'il existe des populations résistantes aux insecticides et, qu'en Colombie-Britannique, les températures fraîches de la fin de l'été et de l'automne réduisent l'efficacité de certains produits. Pour obtenir des résultats optimaux, on traite les plantes en début de soirée lorsque les mouches sont présentes dans le champ et actives. La mouche de la carotte a développé de la résistance aux insecticides organochlorés au début des années soixante. Présentement, un organophosphoré, le diazinon, semble être moins efficace en Ontario, mais la résistance n'a pas encore été démontrée de façon définitive.

Références bibliographiques

- Boivin, G. 1987. Seasonal occurrence and geographical distribution of the carrot rust fly (Diptera: Psylidae) in Quebec. *Environ. Entomol.* 16:503-506.
- Ellis, P.R., J.A. Hardman et P.L. Saw. 1992. Host plants of the carrot fly, *Psila rosae* (F.) (Dipt., Psilidae). *Entomologist's Mon. Mag.* 128:1-9.
- Judd, G.J.R., R.S. Vernon et J.H. Borden. 1985. Commercial implementation of a monitoring program for *Psila rosae* (F.) (Diptera: Psylidae) in southwestern British Columbia. *J. Econ. Entomol.* 78:477-481.
- Stevenson, A.B. 1983. Seasonal occurrence of carrot rust fly (Diptera: Psylidae) adults in Ontario and its relation to cumulative degree-days. *Environ. Entomol.* 12:1020-1025.

(Texte original de G. Boivin)

► **Vers gris** *Fig. 6.45 à 6.47; 11.40; 18.63 à 18.69*

Pour les espèces, voir le tableau 18.1

Les **vers gris** sont des ravageurs occasionnels de la carotte dans toutes les régions du Canada. Les larves sont surtout actives la nuit. Le jour, on les retrouve habituellement dans la couche superficielle du sol près des plantes et ils s'enroulent lorsque dérangés. Plusieurs espèces attaquent les jeunes plants de carotte et ces espèces se distinguent entre elles par leur couleur ou des marques particulières (6.45 à 6.47). Pour en savoir plus sur les vers gris, voir ci-dessous et Tomates (18.63 à 18.69).

Dommmages Les larves de vers gris (6.45 à 6.47) se nourrissent des pétioles de la carotte, en les coupant près de la surface du sol. Une seule larve peut détruire plusieurs plantes durant une seule nuit et les dommages qui en résultent sont souvent concentrés en de grandes plages rondes dans le champ de carottes.

Identification (voir Tomate, vers gris)

Biologie (voir Tomate, vers gris)

Moyens de lutte La seule stratégie présentement disponible est de dépister les vers gris et d'utiliser des insecticides si cela s'avère nécessaire.

Dépistage — Les producteurs détectent les dommages causés par les vers gris lorsqu'ils procèdent au dépistage d'autres ravageurs de la carotte, surtout au printemps en cherchant les pétioles coupés, puis la larve dans le sol autour de la plante.

Pratiques culturales — Puisque la plupart des adultes des vers gris pondent leurs oeufs dans les champs envahis par les mauvaises herbes et aux extrémités des champs l'automne précédent, les producteurs garderont ces zones propres en les cultivant et réduiront ainsi les dommages infligés à la culture.

Lutte chimique — Lorsqu'on détecte tôt les dommages, il est facile de lutter contre les larves de vers gris à l'aide d'une pulvérisation foliaire. Les traitements devraient être confinés aux parties endommagées du champ. Il n'existe pas de seuil de nuisibilité, mais lorsque les dommages de vers gris sont évidents dans le champ, on suggère de faire un traitement insecticide. Aucune résistance aux insecticides n'a été rapportée chez le vers gris.

Références bibliographiques

Rings, R.W. 1977. Pictorial field key to armyworms and cutworms attacking vegetables in north central states. *Ohio Agric. Res. Dev. Center Res. Circ.* 231. 36 pp.

(Texte original de G. Boivin)

► **Autres insectes**

Fig. 6.48; 12.53 et 12.54

Vers blancs

Vers fil-de-fer

Bien que les **vers blancs** (6.48) puissent être abondants dans les terres nouvellement défrichées, il est rare qu'il faille recourir à des traitements. Pour en savoir plus sur les vers blancs, voir Pomme de terre.

Les **vers fil-de-fer** (12.53 et 12.54) peuvent être aussi importants que les vers gris ou que les vers blancs dans certaines régions. Pour en savoir plus sur les vers fil-de-fer, voir Maïs, et Pomme de terre.

AUTRES RÉFÉRENCES

Crête, R. 1980. *Maladies de la carotte au Canada*. Agric. Can. Publ. 1615/F. 25 pp.

Strandberg, J.O., et J.M. White. 1989. Response of carrot seeds to heat treatments. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 114:766-769.

Walker, G.E. 1991. Chemical, physical and biological control of carrot seedling diseases. *Plant Soil* 136:31-39.