

Méthodes culturales de lutte contre le dépérissement des racines du framboisier

A. ANÇAY, R. CARRON et V. MICHEL, Agroscope RAC Changins, Centre des Fougères, CH-1964 Conthey

 E-mail: andre.ancay@rac.admin.ch
Tél. (+41) 27 34 53 550.

Résumé

Sur une parcelle contaminée par *Phytophthora fragariae* var. *rubi*, le champignon responsable du dépérissement des racines du framboisier, l'effet préventif d'une plantation sur butte de terre ou de compost a été testé, avec ou sans couverture de plastique, de 2000 à 2004. Par rapport à la plantation traditionnelle, la plantation sur butte a permis d'augmenter significativement le nombre de cannes fruitières et le rendement cumulé. L'apport de compost et la couverture de plastique ont également eu un effet significatif sur ces paramètres. Néanmoins, les deux effets n'ont pas été suffisants pour maintenir le nombre optimal de dix cannes fruitières par mètre linéaire jusqu'à la récolte, car la mortalité des cannes s'est poursuivie après la taille de printemps dans tous les procédés. Ce dépérissement chronique s'explique notamment par la croissance des racines qui ont atteint la terre contaminée sous la butte.

Introduction

Le dépérissement des framboisiers dû au champignon *Phytophthora fragariae* (Hickman) var. *rubi* est apparu au milieu des années soixante en Suisse orientale (Bolay et Lauber, 1989). Actuellement, le pathogène est présent dans toute la Suisse et engendre d'importants dégâts économiques. Il est la principale cause de mortalité des framboisiers. *P. fragariae* var. *rubi* se distingue des autres pathogènes du framboisier par son extrême virulence. En sa présence, le système racinaire d'une variété sensible cultivée sur des sols humides et froids peut être détruit en quelques mois, provoquant la mort de la plante (Ellis *et al.*, 1997). La lutte chimique contre ce champignon ne donne pas entière satisfaction (Viret *et al.*, 2002). Elle permet de limiter l'évolution des symptômes, en bloquant le développement du champignon sans toutefois l'éliminer. De plus, elle est coûteuse, critiquable du point de vue

écologique par les résidus importants qu'elle laisse dans le sol et susceptible d'engendrer des phénomènes de résistance. Dès lors, la priorité doit être donnée aux méthodes de lutte prophylactique que sont, entre autres, le choix de parcelles et de matériel de plantation sains, ou l'utilisation de variétés résistantes à *Phytophthora fragariae* var. *rubi*. Actuellement, l'application de ces techniques est limitée par l'indisponibilité de plants certifiés et la qualité médiocre des variétés résistantes sur le plan agronomique et commercial (Neuweiler et Heller, 1998; Viret *et al.*, 2002). Une piste de prévention intéressante est l'utilisation d'amendement organique combiné à la plantation sur butte. Cette technique agit à deux niveaux sur le développement du *Phytophthora fragariae* var. *rubi*. La plantation sur butte assure un réchauffement plus rapide du sol et améliore le drainage (Neuweiler et Heller, 1998), diminuant ainsi le risque d'infection par les oospores. Ces dernières, qui sont surtout agressives

lorsque la température du sol est comprise entre 5 et 15 °C (Nourrisseau et Baudry, 1987), ont besoin d'eau pour se développer et se déplacer dans le sol (Duncan et Kennedy, 1989). La couverture des buttes par un film de plastique noir permet d'accentuer l'effet de la plantation sur butte et de l'amendement avec du compost. De plus, ce dernier enrichit le sol en champignons et bactéries antagonistes (Hoitink *et al.*, 1993) qui permettent de réduire les populations de *Phytophthora fragariae* dans le sol (Stirnemann, 2000).

Afin de préciser l'efficacité des buttes, du compost et du plastique noir dans la lutte contre *P. fragariae* var. *rubi* et d'étudier leur influence sur le développement du framboisier (formation des cannes, rendement), un essai a été mis en place dans une parcelle contaminée, à Bruson (VS). Cet article fait la synthèse des résultats obtenus quatre ans après la plantation.

Matériel et méthodes

Matériel végétal, plantation et conduite de la culture

L'essai a été mis en place en 2000 au domaine expérimental de Bruson d'Agroscope RAC Changins (1080 m), sur une parcelle très fortement contaminée par *P. fragariae* var. *rubi*. Les principales caractéristiques pédo-climatiques du site expérimental sont données dans le tableau 1.

Des plants racines nues ont été utilisés pour cet essai. Ils ont été plantés au début de mai, distants de 50 cm sur la ligne pour la variété Zeva 2 et de 40 cm pour Tulameen, avec un interligne de 2,3 m. En phase de production, une densité de dix tiges par mètre linéaire était visée. L'apport d'éléments fertilisants et d'eau a été assuré par

Tableau 1. Données pédologiques et climatiques du site expérimental de Bruson (VS).

Analyse du sol (0 à 20 cm)		Données climatiques (moyenne de 30 ans)	
Argile (%)	13	Température moyenne annuelle (°C)	7
Limons (%)	30	Précipitations annuelles (mm)	943
Sable fin (%)	18	Jours de gel	118
Sable grossier (%)	39	Jours avec une température > 25°C	16
Matière organique (%)	3,5		
pH (eau)	6,5		

fertigation à l'aide d'une gaine de goutte-à-goutte (T-Tape).

Pour tenir compte des apports en nutriments du compost, aucune fertilisation n'a été apportée de la plantation jusqu'au printemps 2004. A partir du printemps 2004, une fumure a été appliquée selon les normes pour les cultures de framboises (en kg par ha: 60 N, 40 P₂O₅, 90 K₂O, 15 Mg). L'irrigation et la nutrition ont commencé à la reprise de la végétation jusqu'à la fin de la récolte. Elles ont été pilotées à l'aide de tensiomètres (irrigation de 20 mm d'eau dès que la pression dépasse 30 cbar à 30 cm de profondeur). A partir du stade de la formation des fruits jusqu'au début de la récolte, une irrigation supplémentaire par aspersion a été effectuée tous les dix jours (12 mm).

Les traitements phytosanitaires ont été appliqués conformément aux directives de la production intégrée. La lutte contre les adventices a été réalisée sur la ligne de plantation avec des herbicides et dans l'interligne à l'aide d'une fraise montée sur un motoculteur. Ce travail du sol permet également d'assurer la dissémination régulière de *P. fragariae* var. *rubi* dans la parcelle, effet souhaité pour cet essai.

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental a été constitué de quatre répétitions réparties perpendiculairement à la pente. Chaque parcelle élémentaire a été composée de deux lignes en parallèle de 5 m de long. La variété Zeva 2, considérée comme très sensible à *P. fragariae* var. *rubi* (Viret *et al.*, 2002), a été plantée sur une ligne tandis que la variété Tulameen, moyennement sensible, a été plantée sur l'autre ligne.

Les procédés suivants ont été comparés:

- plantation traditionnelle (sans butte);
- plantation sur butte de terre;
- plantation sur butte de terre mélangée avec du compost;
- plantation sur butte de compost;
- plantation sur butte de terre recouverte de plastique noir;
- plantation sur butte de terre mélangée avec du compost et recouverte de plastique noir.

Le compost utilisé était un compost urbain mûr à base de déchets de végétaux provenant de jardins (gazon, branches). Le volume apporté au procédé butte de compost était de 80 litres au mètre linéaire (équivalent à

350 m³/ha) et de 40 litres au mètre linéaire pour les procédés butte de terre mélangée avec du compost, avec et sans plastique.

Les buttes ont été construites avant la plantation, elles mesuraient 60 cm à la base pour une hauteur de 40 cm. Il n'y a pas eu d'apport supplémentaire de compost sur les buttes pendant les quatre ans d'expérimentation.

Le film plastique utilisé pour couvrir les buttes était un polyéthylène imperméable noir. Après la première année de culture, le plastique a été entaillé sur le haut de la butte pour favoriser la croissance des nouvelles cannes.

Mesures effectuées et observations

Récolte

Les fruits ont été récoltés trois fois par semaine. Le tri des fruits par appréciation visuelle a été effectué sur l'aspect extérieur du fruit (couleur hétérogène, problèmes sanitaires, déformation). Seuls les fruits commercialisables ont été pesés et pris en compte pour le calcul du rendement. Le poids moyen des fruits (nombre de fruits pour 100 g) a également été mesuré.

Contrôle des cannes

Chaque année, les cannes saines en phase de production (cannes fruitières) ont été comptées en juin et les cannes en phase végétative (cannes annuelles) en octobre. Le relevé a porté sur les cannes d'une longueur supérieure à 1,6 m.



Fig. 1. Des profils de 1 m de profondeur ont été creusés perpendiculairement à la ligne de la variété Tulameen pour chaque procédé (a). Le comptage des racines a été effectué à l'aide d'un grillage avec des mailles de 15 × 15 cm (b).

Croissance des racines

En novembre 2004, après la dernière récolte de l'essai, la croissance des racines a été déterminée pour chaque procédé en creusant un profil d'une profondeur de 1 m, perpendiculaire à la direction de plantation. Ces observations ont eu lieu dans la répétition en bas de la pente dans la ligne plantée avec la variété Tulameen (fig.1a). Le comptage des racines se faisait à l'aide d'un grillage avec une maille de 15 × 15 cm (fig.1b).

Résultats et discussion

Nombre de cannes

Une grande différence de densité des tiges au mètre linéaire a été observée entre les procédés (fig. 2a à 2f). Le comptage du nombre de cannes fruitières confirme ces observations (fig. 3). Un effet significatif sur le nombre de

cannes fruitières s'est déjà manifesté une année après la plantation dans les procédés butte terre et compost et butte terre et plastique. En été 2002, tous les procédés, sauf butte terre, avaient un nombre de cannes fruitières significativement plus élevé que le système traditionnel. Les deux dernières années de l'essai, tous les procédés avaient significativement plus de cannes fruitières

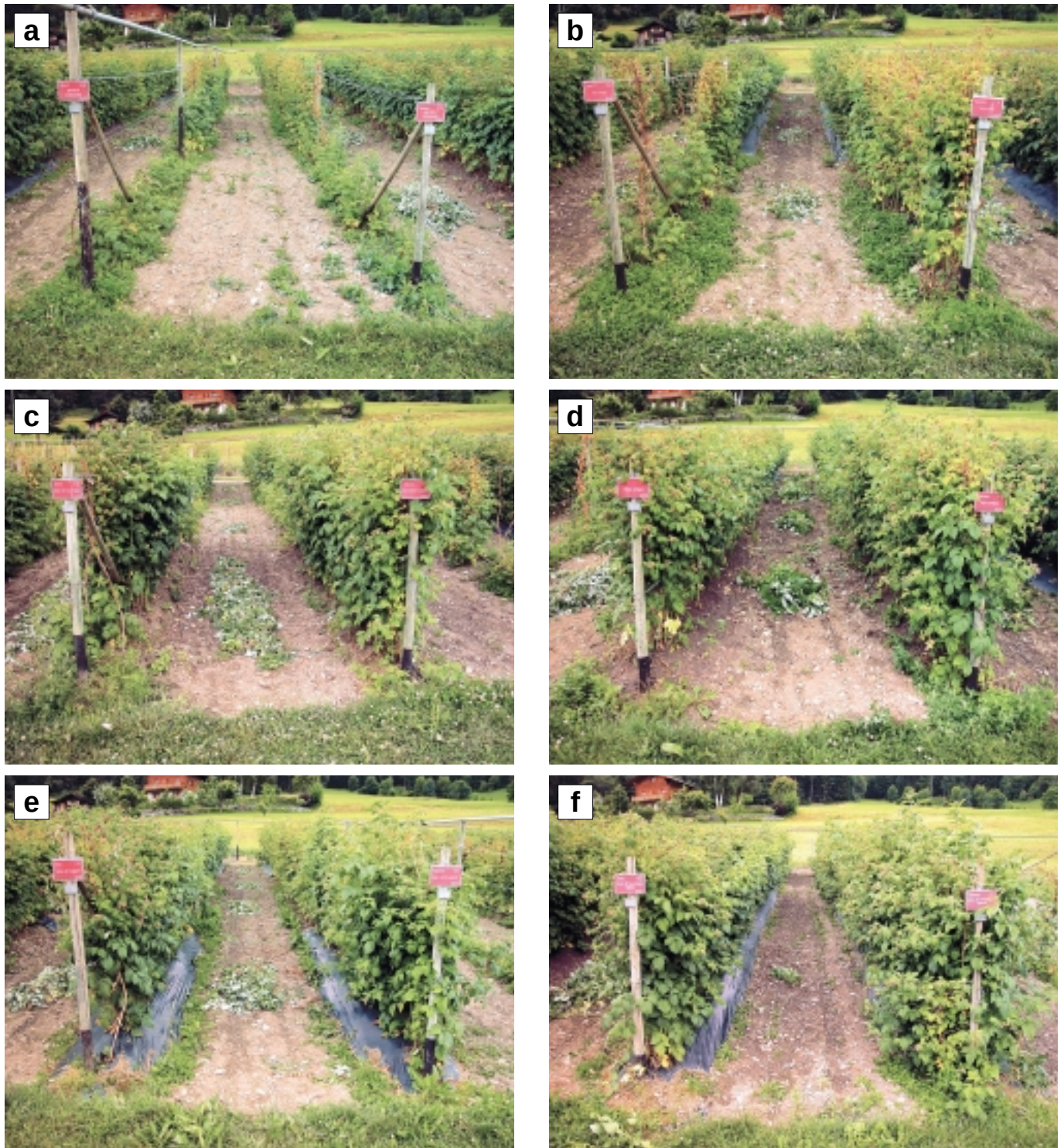


Fig. 2. Aspect des parcelles expérimentales avec à gauche la variété Zeva 2 (très sensible) et à droite la variété Tulameen (moyennement sensible) en juillet 2002. Procédés: traditionnel (a), butte de terre (b), butte de terre mélangée avec du compost (c), butte de compost (d), butte de terre et recouverte de plastique (e), et butte de terre mélangée avec du compost et recouverte de plastique (f).

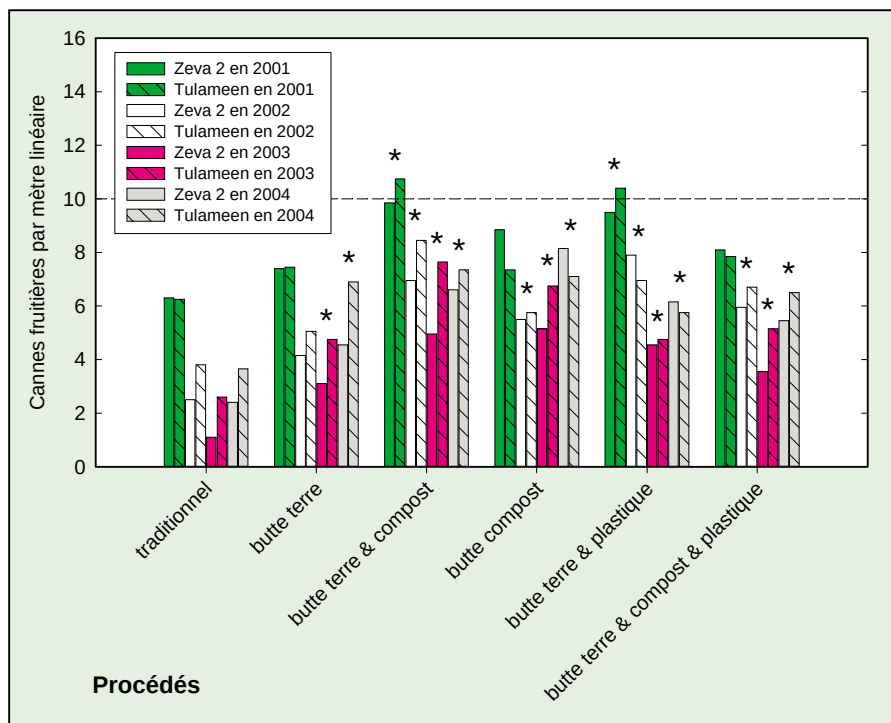


Fig. 3. Nombre de cannes fruitières (2^e année) de 2001 à 2004. Les deux variétés Zeva 2 et Tulameen ne se sont pas différenciées significativement, sauf en 2003. Les procédés avec un astérisque (*) ont un nombre de cannes significativement ($P > 5\%$) plus élevé que le procédé traditionnel (plantation sans butte) de la même année.

que le procédé traditionnel. Deux tendances sont alors discernables dans l'évolution du nombre des cannes fruitières: une à court et l'autre à long terme. La première est un effet positif sur le nombre de cannes dès la première année après plantation, résultant de l'effet combiné de la plantation sur butte de terre et de la présence de compost ou d'une couverture de plastique. Mais cet

effet, moins marqué pour les autres procédés avec du compost, s'estompe partiellement les années suivantes pour s'approcher de l'effet à long terme obtenu par la plantation sur butte en soi. L'influence significative de la culture sur butte sur la formation des cannes et sur le rendement confirme des résultats d'essai en Norvège (Heiberg, 1995) et aux Etats-Unis (Wilcox *et al.*, 1999),

où, dans les deux sites, la plantation sur butte a permis de réduire la mortalité due au dépérissement racinaire et d'augmenter le rendement comparativement à une plantation traditionnelle. L'autre facteur de lutte confirmé par ces travaux a été l'utilisation de variétés relativement résistantes. En revanche, l'application d'un fongicide contenant du métallaxyl (présent dans les produits Ridomil) n'a eu un effet positif qu'en Norvège. Aux Etats-Unis, l'application de métallaxyl, la couverture de paille ou l'application d'une souche de *Trichoderma virens*, un micro-organisme antagoniste de *Phytophthora spp.*, n'ont pas eu d'effet sur le développement de la maladie et le rendement.

L'effet des différents procédés sur le nombre de cannes fruitières a débuté avec la formation des cannes annuelles (fig. 4). Le procédé le plus propice pour ce critère a été «butte terre et compost» trois années sur quatre, avec dix cannes au mètre linéaire après la taille de printemps; avec 9,3 cannes dans le quatrième cas (Zeva 2 en 2003), le nombre était encore relativement élevé. Les autres procédés contenant du compost et/ou une couverture de plastique garantissaient au moins 8,4 cannes au mètre linéaire après la taille de printemps. La plantation sur butte de terre a donné un nombre moyen de 8,1 cannes par mètre linéaire et la plantation traditionnelle, une moyenne de 4,4 cannes pour la variété Zeva 2 et de 6,8 cannes pour la variété Tulameen. C'est dans ce procédé que la différence de résistance entre les deux variétés était clairement marquée ($P < 5\%$).

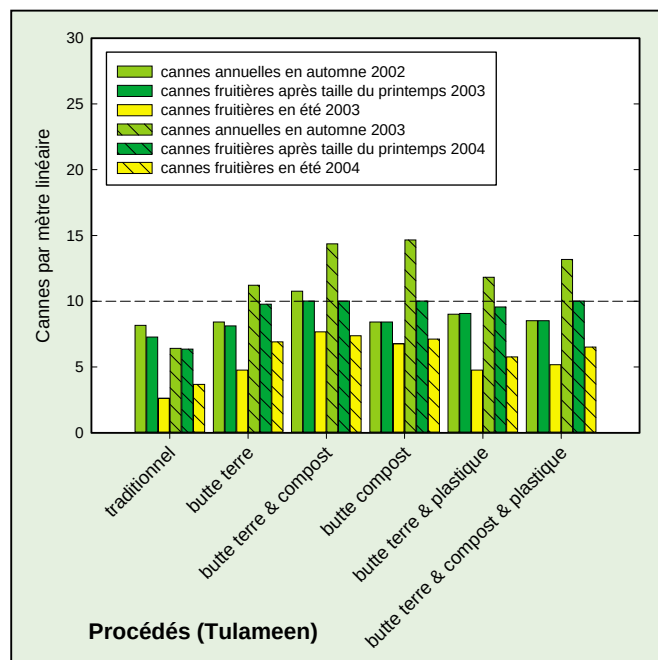
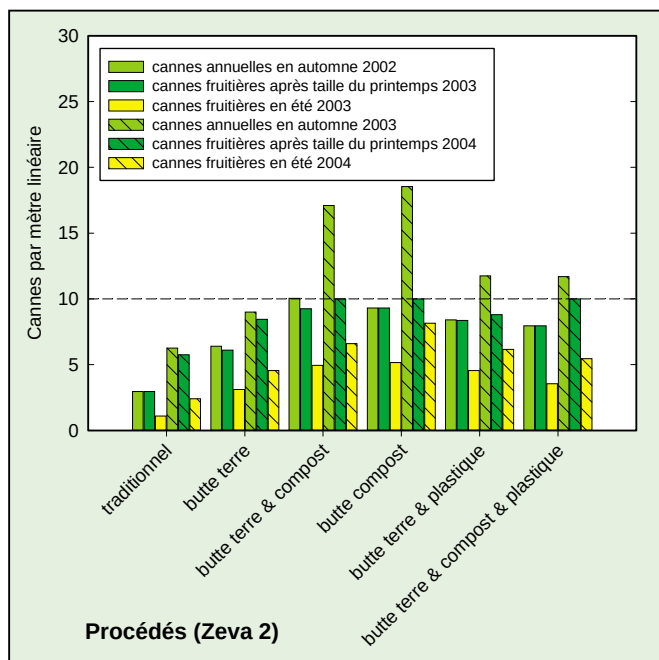


Fig. 4. Formation des cannes de l'automne 2002 à l'été 2004 des variétés Zeva 2 et Tulameen.

Une autre différence significative du nombre de cannes annuelles a été constatée entre le procédé traditionnel et les autres procédés en automne 2002 (sauf butte de terre) et 2003.

La mortalité moyenne des cannes entre la taille de printemps et le début de la récolte en été a été de 43% en 2003 et de 37% en 2004. Si, en 2003, la mortalité n'était pas significativement différente entre les procédés, une réduction significative de la mortalité a été constatée en 2004 dans les procédés butte compost (24%), butte terre et compost (30%) et butte terre et plastique (36%) par rapport au système traditionnel (52%). Pendant ces deux ans, le taux de mortalité n'a pas significativement différé entre les deux variétés.

En 2001, 2002 et 2004, la variété Zeva 2 a produit, malgré sa moindre résistance à la maladie, un nombre de cannes fruitières similaire à la variété Tulameen. En 2003 seulement, cette dernière a produit un nombre de cannes fruitières significativement plus élevé que la variété Zeva 2. Cette maigre supériorité peut s'expliquer par la faible capacité de formation de cannes annuelles de la variété Tulameen. L'évolution de ce caractère, observée de l'automne 2002 à l'été 2004, montre que le nombre de cannes annuelles est, sauf dans le procédé traditionnel, similaire ou même plus grand chez la variété Zeva 2 (fig. 4a) que chez la variété Tulameen (fig. 4b). Cet avantage est partiellement réduit par la taille de printemps, qui limite le nombre de cannes par mètre linéaire à dix, nombre optimal pour la formation du rendement.

La mortalité causée par *P. fragariae* var. *rubi* est un processus continu qui ne s'arrête pas après la taille de printemps. Pour être sûr de conserver dix cannes par mètre linéaire jusqu'à la récolte, il faudrait envisager une réduction moins sévère à la taille de printemps.

Les deux variétés n'ont présenté aucune différence dans la mortalité des cannes due au gel entre les différents procédés.

Rendement

Le rendement cumulé sur trois ans s'est clairement distingué entre les deux variétés et entre les procédés (fig. 5). La variété Tulameen affichait dans tous les procédés un rendement cumulé significativement plus élevé que la variété plus sensible Zeva 2. Comme il n'y a pas eu d'interactions entre les variétés et les procédés, c'est-à-dire que les variétés se sont comportées de la même façon dans les différents procédés, l'interprétation du rendement cumulé est formulée sur la moyenne des deux variétés

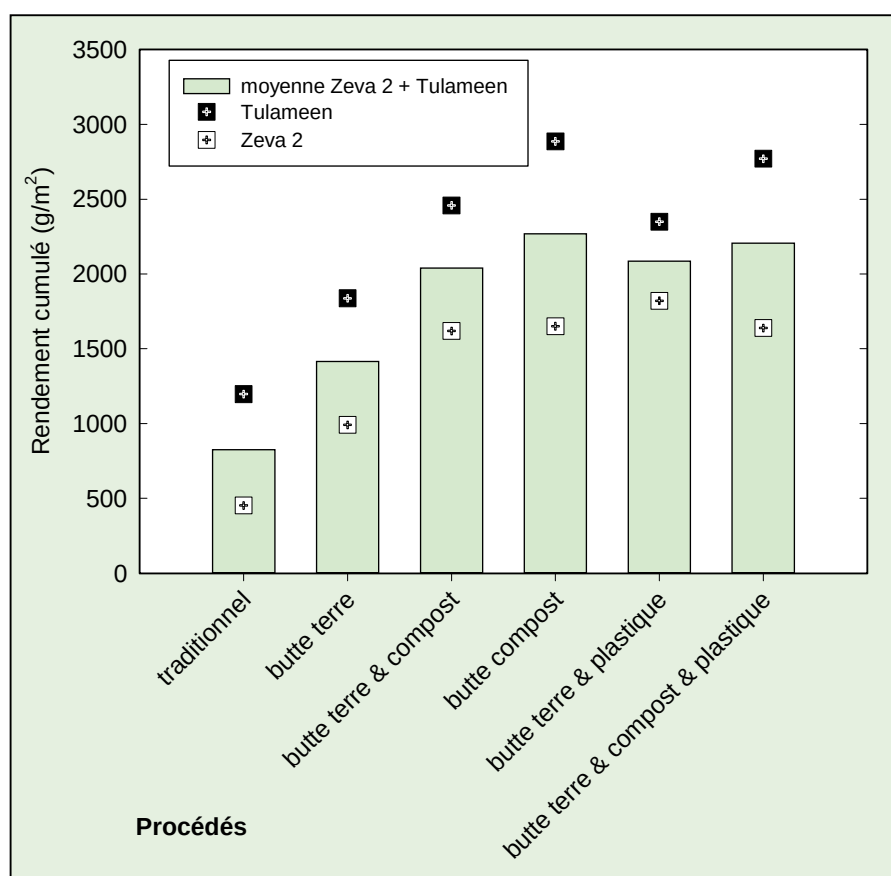


Fig. 5. Rendement cumulé de 2002 à 2004 en fruits de 1^{er} choix des variétés Zeva 2 et Tulameen.

Tableau 2. Rendement moyen cumulé de 2002 à 2004 des deux variétés Zeva 2 et Tulameen.

Procédé	Rendement cumulé (g/m²)	Comparaison de procédés ^a			
Traditionnel (sans butte)	825	*			
Butte terre	1415	*	*	**	
Butte terre et compost	2039				pds pds
Butte compost	2269			**	pds
Butte terre et plastique	2086		*		
Butte terre et compost et plastique	2205				pds

^aDeux procédés se trouvant dans la même colonne sont comparés à l'aide de l'analyse des contrastes linéaires (SWALLOW, 1984). Les différences significatives sont indiquées avec ** (P < 1%), * (P < 5%) ou pds (pas de différence significative).

(tabl. 2). L'effet à long terme de la plantation sur butte de terre observé pour le nombre de cannes fruitières est confirmé par un rendement significativement plus élevé (+71%) que celui de la plantation traditionnelle. Sur cet effet primaire se greffe un deuxième effet significatif, soit avec la couverture de plastique (+47%), soit avec la formation d'une butte de compost (+60%). En revanche, le rendement cumulé de la culture sur butte de compost ne diffère pas significativement de celui qui est obtenu sur une butte de compost et de terre mélangés. Finalement, la combinaison des deux facteurs compost et couverture de plastique n'apporte rien non plus au niveau du rendement.

Aucune différence concernant le calibre des fruits et la teneur en sucres (°Brix) en fonction des différents procédés n'a pu être mise en évidence sur l'ensemble des récoltes. En général, la différence de rendement cumulé entre les procédés correspondait bien à la différence du nombre de cannes fruitières.

Croissance des racines

Malgré la faible vigueur des plantes dans le procédé traditionnel, la présence de racines de framboisier a été observée régulièrement jusqu'à une profondeur de 50 cm (fig. 6). Contrairement à ce procédé où le nombre de racines était



Fig. 6. Profil dans le procédé traditionnel montrant la présence de racines de framboisier de 0 à 50 cm quatre ans après la plantation.

faible (fig. 7a), de nombreuses racines ont été observées dans les variantes plantées sur butte de terre (7b) ou sur butte de compost (7c) quatre ans après la plantation. Le comptage des racines a confirmé cette impression visuelle (fig. 8). Dans le système traditionnel, les racines étaient peu nombreuses même dans les premiers 30 cm de sol, soit une densité maximale de 6-10 racines par unité de comptage (225 cm²). En revanche, les procédés butte de terre et butte de compost montraient une densité élevée de plus de 20 racines par unité de comptage, non seulement dans la butte, mais aussi dans les premiers 30 cm de sol. De plus, des racines étaient régulièrement présentes jusqu'à une profondeur de 90 cm. Les procédés butte de terre et compost et butte de terre et plastique montraient une densité plus faible au niveau du sol mais toujours plus de onze racines par unité de comptage dans les quinze premiers centimètres. Une situation intermédiaire a été observée dans le procédé butte terre et compost et plastique dont une partie des comptages a été empêchée par la présence d'un rocher.

Les conditions de croissance des racines peuvent expliquer en partie la variabilité du nombre de cannes annuelles. Lors de leur formation, les racines des nouvelles cannes se trouvent près de la surface du sol. Dans le procédé traditionnel, les racines sont directement en contact avec le sol contaminé par *P. fragariae* var. *rubi*, qui, par son mauvais drainage et sa capacité de réchauffement limitée, offre des conditions idéales pour une infection durant la période fraîche de l'année (Nourrisseau et Baudry, 1987). En revanche, une plantation sur butte diminue ces conditions favorables à l'infection en permettant un meilleur drainage et un réchauffement plus rapide du sol. La diminution supplémentaire de ces conditions favorables à l'infection qu'apportent soit une cou-

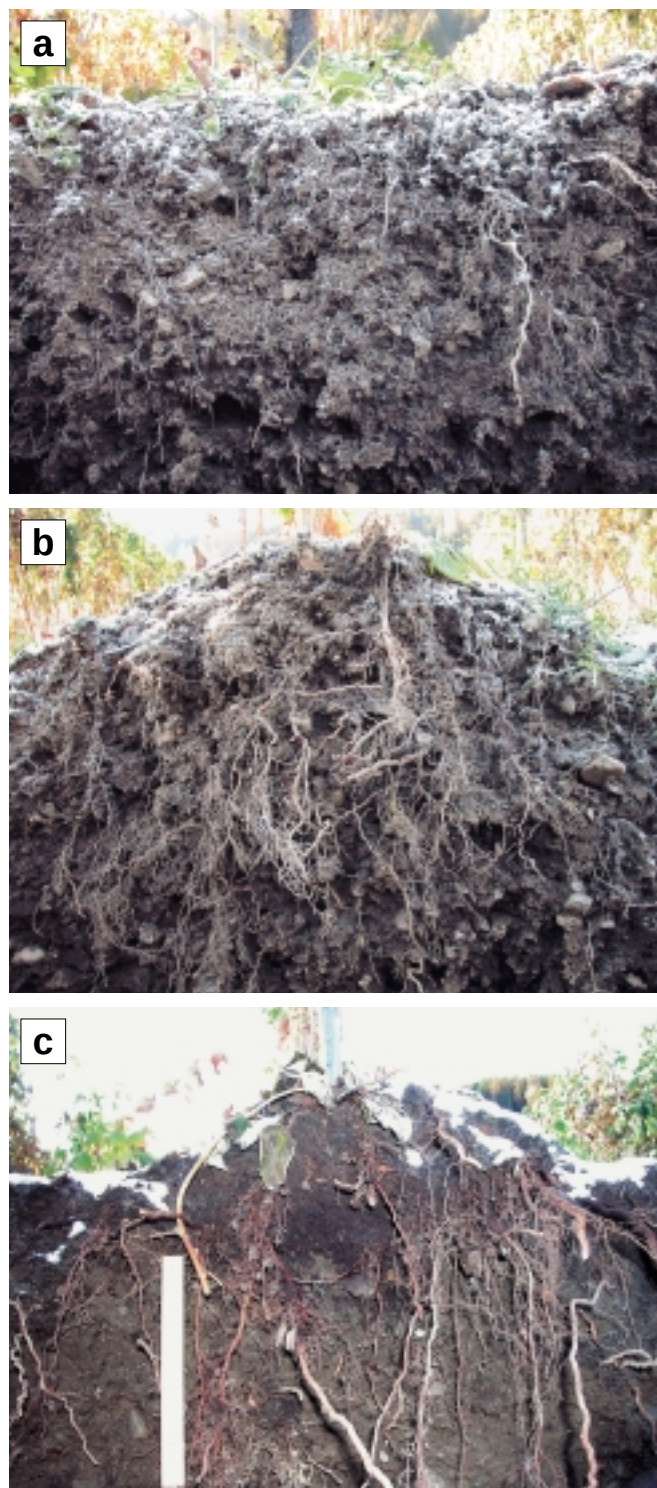


Fig. 7. Strate supérieure de profil montrant la fréquence des racines quatre ans après la plantation dans les vingt premiers centimètres du procédé traditionnel (a), butte terre (b) et butte compost (c) dans la ligne de la variété Tulameen.

verture en plastique imperméable, soit un enrichissement du sol avec du compost, améliore encore la formation de cannes annuelles (Neuweiler et Heller, 1998).

Dès 2002, en revanche, et dans tous les procédés, la forte diminution du nombre de cannes enregistrée après la taille de printemps a empêché d'obtenir le nombre optimal de dix cannes fruitières par mètre linéaire à la récolte. Cette mortalité après quelques années de culture peut être expliquée par la progression des racines de la butte, peu propice à une in-

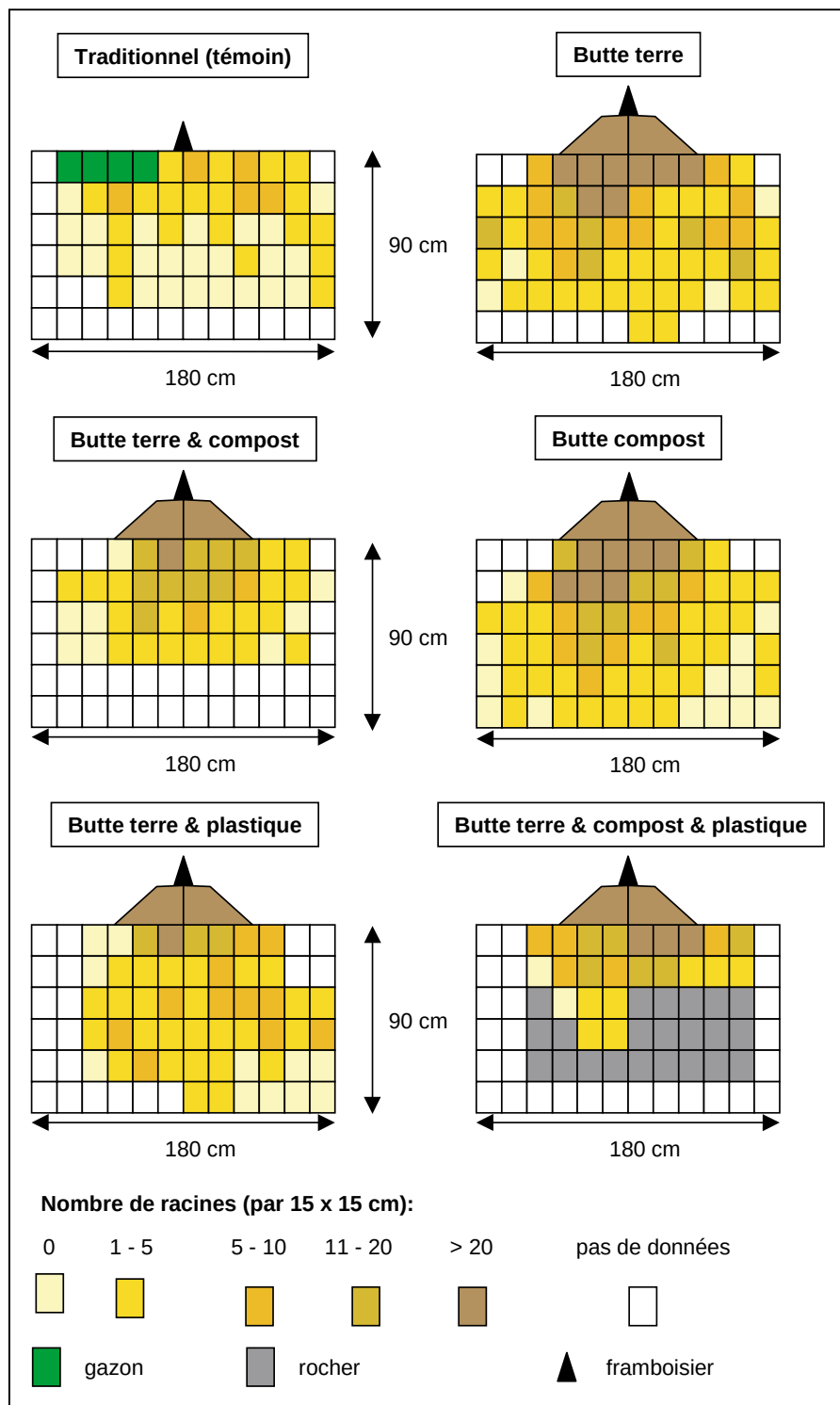


Fig. 8. Densité des racines de framboisier (variété Tulameen) quatre ans après la plantation sur une largeur de 180 cm et une profondeur de 90 cm. La hauteur de la butte était approximativement de 25 cm (hauteur initiale 40 cm).

fection par le pathogène, au sol sous-jacent contaminé par *P. fragariae* var. *rubi*. C'est ce qui peut expliquer l'effet à court terme du compost et/ou du plastique. Celui-ci a également été observé par Neuweiler et Husistein (2000) lors de la plantation de framboises sur butte couverte de plastique noir. L'enrichissement de la butte avec du compost n'apporte pas seulement des

champignons et bactéries antagonistes de *P. fragariae* var. *rubi* mais aussi des quantités importantes d'éléments nutritifs (Neuweiler et Husistein, 2000). Comme on l'a dit, dans notre essai, cet apport a été compensé par l'absence de fertilisation jusqu'au printemps 2004. La qualité du compost utilisé est importante dans une culture de haute valeur comme une framboisière, elle doit

être analogue à celle qui est utilisée en horticulture ou en cultures sous abri (ASIC, 2001). Idéalement, le pH du compost ne devrait pas dépasser 7. Faute de quoi, des problèmes de blocage de l'azote dans le sol ou même des problèmes de phytotoxicité dus à la présence de nitrite peuvent apparaître. Un autre défi posé par la plantation sur butte de compost est de maintenir un apport suffisant en eau. Cela a été plus particulièrement vérifié en été 2003, où un dessèchement de la butte en compost a été observé. L'irrigation des petits fruits sur substrat peut servir de modèle pour adapter le régime d'irrigation à la culture sur butte de compost. Ce régime consiste à irriguer en un ou plusieurs cycles de courte durée par jour plutôt qu'en une irrigation abondante à plusieurs jours d'intervalle. De plus, l'installation de deux gaines de goutte-à-goutte à la place d'une seule devrait améliorer la régularité de l'irrigation sur l'ensemble de la butte.

Conclusions

- ❑ Dans une parcelle fortement contaminée par le champignon *Phytophthora fragariae* var. *rubi*, la plantation sur butte a permis d'obtenir un premier effet positif sur la formation de cannes et le rendement des deux variétés de framboises Zeva 2 et Tulameen.
- ❑ L'addition de compost, soit mélangé avec la terre soit sous forme de butte de compost, a ajouté un deuxième effet à celui de la butte. Un effet du même ordre de grandeur est obtenu par la couverture de la butte avec un plastique noir. En revanche, la combinaison du compost avec une couverture en plastique n'offre pas d'effet supplémentaire.
- ❑ Une prolifération importante des racines dans le sol sous la butte a été observée dans tous les procédés et explique en partie la diminution de l'effet initial de l'apport de compost ou de la couverture de plastique.
- ❑ Malgré la plantation sur butte, l'apport de compost et la couverture avec un plastique, l'objectif de dix cannes au mètre linéaire n'a pas été atteint après la première année. Une taille moins sévère au printemps est alors proposée pour compenser la mortalité ultérieure des cannes en terrain infecté.

Remerciements

Nous remercions Ch. Auderset, M. Benz, M. Fellay et B. Sauthier pour leur précieuse collaboration, ainsi que C. Chasot et Ch. Carlen pour la relecture du manuscrit.

Bibliographie

- ASIC (Association suisse des installations de compostage et de méthanisation), 2001. Directive de l'ASIC 2001: Caractéristiques de qualité des composts et des digestats provenant du traitement des déchets organiques. http://www.vks-asic.ch/acrobatreader/qcompostf05_04_01.pdf
- Bolay A., Lauber H.-P., 1989. Un *Phytophthora*, cause d'un rapide dépérissement du framboisier. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **21** (3), 147-152.
- Duncan J. M., Kennedy D. M., 1989. The effect of waterlogging on *Phytophthora* root rot of red raspberry. *Plant Pathol.* **38**, 161-168.
- Ellis M.-A., Converse R.-H., Williams R.-N., WILLIAMSON B., 1997. Compendium of raspberry and blackberry diseases and insects. APS Press, St. Paul, USA.
- Heiberg N., 1995. Control of root rot of red raspberries caused by *Phytophthora fragariae* var. *rubi*. *Plant Pathol.* **44**, 153-159.
- Hoitink H. A. J., Fahy P. C., 1986. Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts. *Ann. Rev. Phytopathol.* **24**, 93-114.
- Neuweiler R., Heller W., 1998. Anbautechnik und Sortenwahl bei Sommerhimbeeren. *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* **134**, 97-99.
- Neuweiler R., Husstein A., 2000. Weiterentwicklung des Dammanbaus bei Erdbeeren und Himbeeren auf sandigem Lehm. *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* **136**, 87-90.
- Nourrisseau J.-G., Baudry A., 1987. Un *Phytophthora*, cause du dépérissement du framboisier en France. *Phytoma* **384**, 39-41.
- Stimimann W., 2000. Lutte intégrée et biologique contre le dépérissement du framboisier. *Revue Hortic. suisse* **73**, 121-125.
- Swallow W. H., 1984. Those overworked and oft-misused mean separation procedures – Duncan's, LSD, etc. *Plant Dis.* **68**, 919-921.
- Viret O., Carron R., TERRETTAZ R., 2002. Résistance à *Phytophthora fragariae* var. *rubi* et caractéristiques agronomiques de différentes variétés de framboisiers. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **34** (4), 225-229.
- Wilcox W. F., Pritts M. P., Kelly M. J., 1999. Integrated control of *Phytophthora* root rot of red raspberry. *Plant Dis.* **83**, 1149-1154.

Zusammenfassung

Kulturmassnahmen zur Bekämpfung des Himbeerwurzelsterbens

Verschiedene kulturtechnische Massnahmen zur Bekämpfung des Himbeerwurzelsterbens, verursacht durch *Phytophthora fragariae* var. *rubi*, wurden in einer natürlich befallenen Parzelle untersucht. Dabei wurde der Dammanbau, der Einsatz von Kompost und das Abdecken mit Plastikfolie in verschiedenen Kombinationen von 2000 bis 2004 geprüft. Die Anzahl Fruchtruten und der kumulierte Ertrag waren beim Dammanbau signifikant höher als beim traditionellen Anbau. Eine zusätzliche signifikante Wirkung wurde durch die Zugabe von Kompost oder das Abdecken mit Plastikmulch erreicht. Trotzdem reichten diese Kulturmassnahmen nicht aus um die optimale Anzahl von zehn Fruchtruten pro Laufmeter bei der Ernte zu erreichen da das Absterben nach dem Frühlingschnitt in allen Verfahren weiterging. Ein Grund für das fortschreitende Absterben der Ruten könnte im Wurzelwachstum liegen. Obwohl ein grosser Teil der Wurzeln sich im Dammraum befand drangen in allen Verfahren die Wurzeln auch in den sich unter dem Damm befindenden, mit dem Krankheitserreger verseuchten Boden vor.

Summary

Cultural control methods against *Phytophthora* root rot of red raspberry

The combination of several cultural control methods to control root rot caused by *Phytophthora fragariae* var. *rubi* was tested in a naturally contaminated field. The use of raised bed planting, compost amendment and plastic mulch in different combinations was studied from 2000 to 2004. The number of fruiting canes and the cumulative yield were significantly higher when raspberries were planted on raised beds. Adding compost to raised beds or covering them with plastic mulch gave a second protecting effect. Nonetheless, all these cultural control methods did not allow to maintain the optimal number of ten fruiting canes per linear meter at harvest because the mortality caused by *P. fragariae* var. *rubi* continued after pruning in spring. Root growth probably caused this ongoing mortality. Even when most of the roots were located in the raised bed, a part of them were growing into the soil below contaminated with the pathogen.

Key words: compost, plastic mulch, raised beds.

Riassunto

Metodi culturali di lotta contro il deperimento delle radici del lampone

Su una parcella contaminata da *Phytophthora fragariae* var. *rubi*, patogeno responsabile del deperimento delle radici del lampone, l'influsso della piantagione su aiuola rialzata (baulatura) di terra o di composto con o senza copertura plastica è stata testata dal 2000 al 2004. Il numero di polloni fruttiferi e la resa cumulata sono aumentati significativamente nella piantagione su aiuola rialzata in confronto alla coltura tradizionale. Un effetto supplementare significativo è stato ottenuto sia dall'apporto di compost, che dalla copertura plastica. Ciò nonostante, questi due effetti non sono sufficienti per mantenere, fino alla raccolta, il numero ottimale di dieci polloni fruttiferi per metro lineare, poiché la loro mortalità è proseguita dopo la potatura primaverile in tutte le varianti. Una spiegazione a questa continua mortalità è la crescita delle radici, le quali si trovano per la maggior parte nell'aiuola ma anche nel suolo al di sotto, contaminato dal patogeno.