



# Befall von Kartoffelpflanzen durch *Erwinia carotovora*

Werner JÄGGI, Hansruedi OBERHOLZER und Franz A. WINIGER, Eidgenössische Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Reckenholz (FAP), CH-8046 Zürich

**Ein Befall durch *Erwinia carotovora* kann im Kartoffelbau zu grossen Schäden führen. Dies tritt oft nach heftigen Gewittern ein. Wasserstau und Bodenverschlammung fördern die Erkrankung. Sie wird verstärkt durch Anreicherung von *Erwinia*-Bakterien im Boden. Ein schwacher Befall kann leicht übersehen werden. Er stellt eine nicht zu unterschätzende Verschleppungsgefahr dar.**

Schwarzbeimigkeit und Knollen-Nassfäule können im Kartoffelbau zu grossen Schäden führen. Erreger dieser Krankheiten sind Bakterien der Gruppe *Erwinia carotovora*. Da es keine chemischen Bekämpfungsmöglichkeiten gibt, können diese nur durch vorbeugende Massnahmen verhindert werden.

Alle diese Krankheiten beginnen durch eine Knolleninfektion. Erst später breiten sich die Bakterien im Kraut aus (Elphinstone 1989). Während die Bedingungen, die zu Knollen-Nassfäule am Lager führen, weitgehend bekannt sind, weiss man erst wenig über die Voraussetzungen zur Entstehung der *Erwinia*-Krankheiten auf dem Feld. Es stellt sich die Frage, ob zwischen diesen beiden Vorgängen Analogien bestehen.

## Knollen-Nassfäule nach der Ernte

Die *Erwinia*-Bakterien dringen durch Verletzungen oder Lentizellen in die Knollen ein (Abb. A). Ob letzteres möglich ist, hängt vom Zustand der Lentizellen ab. Bei frisch geernteten Knollen sind die Lentizellen offen, so dass pathogene Bakterien leicht eindringen können. Hohe Bodenfeuchtigkeit bei der Ernte steigert die Infektionsrate. Wenn abgetrocknete Knollen hoher Luftfeuchtigkeit ausgesetzt werden, quellen sie auf, wobei die verkorkten Lentizellen bersten. Durch die entstandenen Risse können die Bakterien wiederum leicht in die Knollen gelangen (Jäggi *et al.* 1991a). Ob sich nach dem Eindringen der Bakterien Knollen-Nassfäule entwickelt, hängt von den Lagerbedingungen ab. Bei 100 % relativer Luftfeuchtigkeit und 20°C ist die Erkran-

kungsgefahr sehr hoch. Dazu trägt auch der gehinderte Luftaustausch in Plastik-Beuteln bei. Unter den für Pflanzgut üblichen Bedingungen (85 % relative Luftfeuchtigkeit und 4°C) bewirkt hingegen nur ein geringer Teil der in die Knollen eingedrungenen *Erwinia*-Bakterien eine Knollen-Nassfäule. Als latente Infektion können sie jedoch auf dem Feld zu einer Erkrankung führen (Jäggi *et al.* 1991b).

## Feldbeobachtungen

Warum *Erwinia*-Krankheiten bei Verwendung von Pflanzgut gleicher Herkunft auf dem einen Acker auftreten und auf dem anderen nicht, ist meistens schwierig zu beantworten. Oft tritt starker *Erwinia*-Befall nach heftigen Gewittern auf, auch auf Parzellen, auf denen in früheren Jahren solche Krankheiten selten vorkamen. Leicht verschlammte Böden eignen sich nicht für den Kartoffelbau, da stets in

grossen Ausmass Nassfäule auftritt. Werden Pflanzen mit bakterieller Welke im Anfangsstadium in Gefässe mit einem durchlässigen Boden-Sand-Gemisch verpflanzt, werden sie schnell wieder gesund. Alle diese Beobachtungen weisen darauf hin, dass die Bodenverhältnisse und der Witterungsverlauf die Entstehung und Entwicklung von *Erwinia*-Krankheiten auf dem Feld beeinflussen.

## Versuchsplan

Die Beobachtung des Befalls eines Kartoffelbestandes durch *Erwinia carotovora* nach einem Gewitter, der innerhalb von zwei bis drei Wochen zu einem Totalschaden führte, hinterliess einen nachhaltigen Eindruck. Dabei stellten sich die folgenden Fragen:

1. Folgt ein Gewitter auf eine Trockenperiode, entstehen dann in den Lentizellen ebenfalls Risse, die den *Erwinia*-Bakterien das Eindringen ermöglichen, wie bei der Wiederbefeuchtung abgetrockneter Knollen bei der Lagerung?
2. Welche Bedeutung haben die Dauer der Vernässung sowie die Verschlammung des Bodens für die Entwicklung dieser Krankheit?

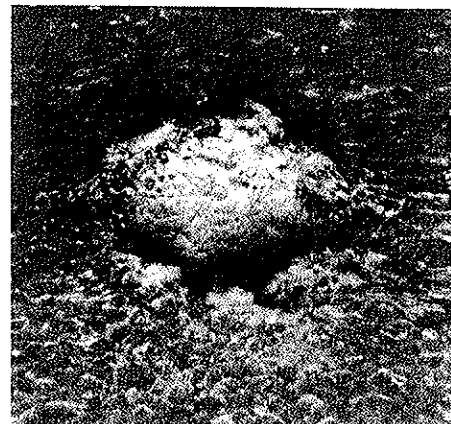


Abb. A. Lentizellen sind kleine Korkwarzen in der Haut der Kartoffelknollen. Sie dienen der Atmung, ermöglichen aber auch das Eindringen von Krankheitserregern. In feuchtem Boden quillt das Knollenfleisch durch die Lentizellen der Mutterknollen hervor (links, ca. 10 x vergrössert). Die Lentizellen der Tochterknollen bilden flache Vertiefungen und sind weniger auffällig (rechts, ca. 20 x vergrössert).

Während der letzten drei Jahre wurden in Modellversuchen die möglichen Feldverhältnisse vor, während und nach einem heftigen Gewitter simuliert. Die Auswirkung folgender Versuchsbedingungen wurde in allen möglichen Kombinationen geprüft:

- mit und ohne vorhergehende Trockenperiode;
- Wasser versickert ungehindert im Boden;
- verschieden lange dauernder Wasserstau;
- mit und ohne oberflächliche Bodenverschlammung;
- mit und ohne Zugabe verschiedener *Erwinia*-Bakterien;
- mit und ohne Zugabe von Nährbouillon zur Förderung der im Boden vorhandenen *Erwinia*-Bakterien und der Bodenatmung;
- unterschiedliches Entwicklungsstadium bei der Simulation des Gewitters;
- mit und ohne Bodensterilisation, um im Boden vorhandene *Erwinia*-Bakterien abzutöten.

## Krankheitsbefall

Der Krankheitsbefall der Kartoffelsorte Sirtema bei Gewittersimulation am 11. Juni und teilweiser Zufuhr von *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* wird ausführlich beschrieben. Auf unterschiedliche Ergebnisse bei Änderung weiterer Versuchsbedingungen (siehe Versuchsplan) wird hingewiesen. Die Bilder dazu finden Sie im Farbartikel in dieser Nummer der *Agrarforschung*.

Ohne Bodenverschlammung und Wasserstau blieben alle Pflanzen gesund (Abb. 1 u. 11). Bei Bodenverschlammung allein welkten nur vereinzelt Pflanzen. Wurden zusätzlich *Erwinia*-Bakterien oder/und Nährbouillon zugeführt, erkrankten beinahe alle Pflanzen (Abb. 2). Wasserstau während 13 Stunden war ohne Wirkung. Dauerte dieser 24 Stunden, hemmte er vorübergehend leicht das Wachstum; bei Zufuhr von *Erwinia*-Bakterien welkten die unteren Blätter, Nährbouillon zeigte keine Wirkung. Bei Wasserstau während drei Tagen erkrankten alle Pflanzen, *Erwinia*-Bakterien und Nährbouillon verstärkten den Befall (Abb. 3). Wurde der Boden zusätzlich zum Wasserstau (Mindestdauer 24 Stunden) verschlammte, gingen alle Pflanzen durch Schwarzbeinigkeit zugrunde, auch ohne Zufuhr von *Erwinia*-Bakterien oder Nährbouillon (Abb. 4).

## Gefässversuche

**Versuchsort:** Vegetationshalle mit natürlichen Witterungsbedingungen. Mit Hilfe eines Schiebedaches aus Glas wurden die Pflanzen jedoch vor Niederschlägen geschützt.

**Kartoffelsorten:** Sirtema und Erntestolz, anfällig gegenüber *Erwinia carotovora*.

**Gefässe:** Kick-Brauckmann-Gefässe, mit 7 Liter Inhalt.

**Boden:** 25 % Ton; 28 % Schluff; 44 % Sand; 3 % Humus (1,7 %  $C_{org}$ ); pH ( $H_2O$ ) 7,7; 0,8 %  $CaCO_3$ . Die Versorgung mit P, K und Mg war genügend. Der Boden wurde mit reinem Quarzsand (Körnung 0,1 bis 0,7 mm) im Volumenverhältnis von 1:1 vermischt. Bei der Beschreibung der Versuchsergebnisse wird unter «durchlässigem Boden» stets dieses Boden-Sand-Gemisch verstanden.

**Bodensterilisation:** Naturfeuchter Boden 1 Stunde bei 80°C (Hoitink *et al.* 1976).

**Oberflächliche Bodenverschlammung:** Dazu verwendeten wir einen Schlufflehm-Boden: 26 % Ton; 52 % Schluff; 19 % Sand; 3 % Humus (1,9 %  $C_{org}$ ); pH ( $H_2O$ ) 8,1. Zur Herstellung der oberflächlichen Verschlammung wurde pro Gefäss 1 kg Schlufflehm-Boden (Trockengewicht) über Nacht in Wasser aufgeschlämmt. Nach 30 Minuten Schütteln entstand ein körniger Schlamm, der auf den durchlässigen Boden gegossen wurde. Dies ergab eine Schichtdicke von ca. 1 cm.

**Trockenperiode:** Während zehn Tagen, unmittelbar vor dem simulierten Gewitter, erfolgte mehrmals täglich eine geringe Wasserzufuhr vom Gefässboden her, so dass nur die untersten Wurzelteile befeuchtet wurden und die Knollen trocken blieben.

**Wasserstau:** Der Wasserabfluss der Gefässe wurde gesperrt und soviel gegossen, dass der Wasserspiegel gerade bis zur Bodenoberfläche stieg. Dauer: 13, 24 und 72 Stunden.

**Zugabe virulenter *Erwinia*-Bakterien:** Dazu wurden Stämme von *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* (Ecc 39), *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* (Eca 74) und *Erwinia chrysanthemi* (Echr 33) verwendet. Diese wurden in einer Milchzucker enthaltenden Nährbouillon (pro Liter: 10 g Pepton; 1,5 g Fleischextrakt; 1,5 g Hefeextrakt; 3 g NaCl; 0,5 g Glucose und 2,5 g Lactose) vermehrt, welches sich für *Erwinia*-Bakterien speziell eignet. Pro Gefäss wurden 100 ml einer frisch gewachsenen Kultur verabreicht, die etwa 200 Milliarden *Erwinia*-Zellen enthielt, was ungefähr 1 bis 2 % sämtlicher im Boden eines Gefässes enthaltenen Bakterien entspricht.

**Zugabe von Nährmedium:** Zur Förderung der im Boden vorhandenen *Erwinia*-Bakterien und der Bodenatmung (Sauerstoffverbrauch) wurde pro Gefäss 1 Liter Nährbouillon derselben Zusammensetzung, wie oben erwähnt, zugegeben.

**Düngung:** Pro Gefäss wurden 2,8 g  $P_2O_5$  und 1,15 g  $K_2O$  als  $K_2HPO_4$  beim Einfüllen eingemischt. Die N-Düngung erfolgte in Form von Ammoniumnitrat, 2 g N pro Gefäss, aufgeteilt in drei Gaben.

**Bekämpfung der Pilzkrankheiten:** Alle zehn Tage Behandlung mit Chlorothalonil (500 g/l) entsprechend 5 l/ha.

**Durchführung:** Pro Verfahren wurden vier Wiederholungen (Gefässe) angelegt. Mitte April wurde je eine vorgekeimte Knolle pro Gefäss gepflanzt. Alle Gefässe wurden zunächst nach Bedarf gegossen. Die Gewittersimulationen erfolgten am 11. und 26. Juni sowie am 7. Juli auf folgende Weise:

- 15 Uhr, alle Gefässe wurden auf Durchfluss gegossen;
- 16 Uhr, je nach Verfahren Zugabe virulenter *Erwinia*-Bakterien oder/und Nährbouillon
- 17 Uhr, pro Gefäss nochmals ½ Liter Wasser gegossen, Beginn von Wasserstau und Verschlammung.

In der ersten Hälfte des Monats August wurden die Knollen geerntet.

Zehn Tage nach dem simulierten Gewitter welkten alle befallenen Pflanzen stark (Abb. 2 bis 4). Während der folgenden zwei Wochen erholte sich das Kraut vieler Pflanzen wieder (Abb. 5), doch das wirkliche Ausmass des Krankheitsbefalls zeigten die Knollen (Abb. B). Pro Verfahren sind die Ergebnisse von acht Gefässen

dargestellt, wobei die ersten vier bis zur Simulation des Gewitters normal gegossen wurden, während die zweiten vier unmittelbar davor eine zehn Tage dauernde Trockenperiode zu überstehen hatten. Letztere beeinflusste den Krankheitsbefall jedoch nicht. Betrug das Gewicht der gesunden Knollen weniger als 600 g pro

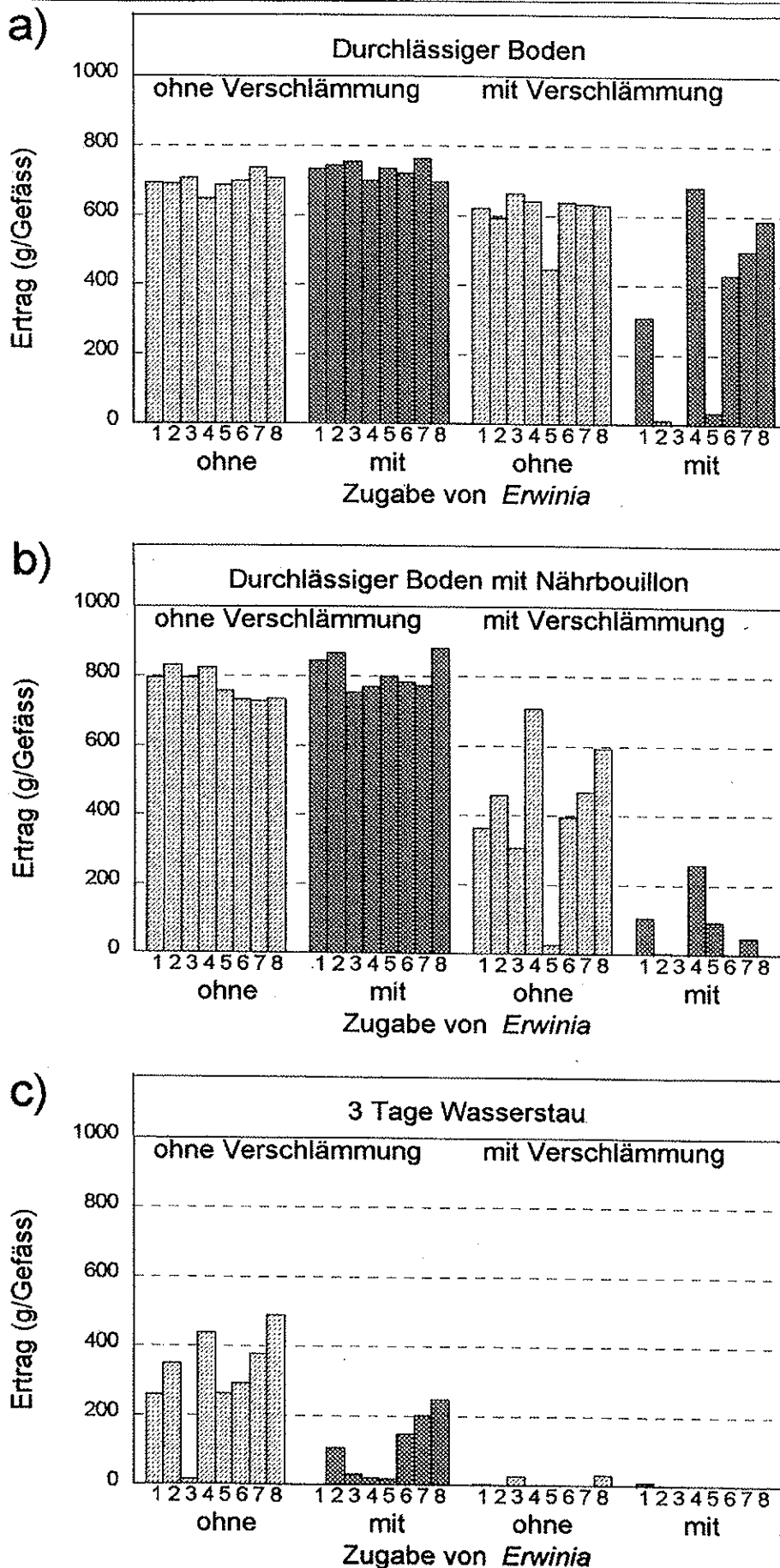


Abb. B. Gesunde Kartoffelknollen pro Gefäß (Sorte Sirtema) nach einem simulierten Gewitter mit und ohne Bodenverschlammung, mit und ohne Zugabe von *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*, Gefäße 1 bis 4 ohne, Gefäße 5 bis 8 mit vorgängiger Trockenperiode: a) in einem durchlässigen Boden; b) in einem durchlässigen Boden mit Zufuhr von Nährbouillon; c) nach Wasserstau während drei Tagen.

Gefäß, bedeutet dies, dass ein Teil der Knollen infolge Nassfäule ausschied.

Die Kartoffelsorte Erntestolz verhielt sich sehr ähnlich wie Sirtema. Die Pathogenität der hier verwendeten *Erwinia*-Stämme nahm in der Reihenfolge *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*, subsp. *atroseptica* und *Erwinia chrysanthemi* leicht zu. Mit wenigen Ausnahmen, die später erwähnt werden, unterschieden sich die Krankheitssymptome nicht. Alle möglichen Gemische der *Erwinia*-Arten beeinflussten die Befallsstärke nicht.

Das Datum der Simulation des Gewitters hatte keinen Einfluss auf das Ausmass des Krankheitsbefalls. Je später sie jedoch erfolgte, umso schneller erschienen Symptome. Beim frühesten Termin (11. Juni) trat die Welke am sechsten Tag danach auf, beim spätesten Termin (7. Juli) bereits am dritten.

In sterilisiertem Boden war der Befall etwas stärker als in unsterilisiertem, besonders durch *Erwinia chrysanthemi*. Möglicherweise wurden durch die Hitzebehandlung auch Antagonisten abgetötet.

## Bodenverschlammung, Luft- und Wasserhaushalt

Bereits am zweiten Tag nach dem simulierten Gewitter bildeten sich in den Gefäßen, deren Pflanzen nach der Verschlammung nicht erkrankten, Risse in der Schlammschicht. Diese Pflanzen waren frühmorgens dicht mit Tropfen behangen, was auf einen intensiven Wasserentzug aus dem Boden hinweist. Innerhalb weniger Tage waren diese Risse über 1 cm breit (Abb. 6), so dass die Bodendurchlüftung wieder gewährleistet war und täglich gegossen werden musste. Wenn die Pflanzen erkrankten, blieb die Schlammschicht hingegen länger als zwei Wochen feucht und kompakt, ohne dass gegossen wurde. Dies musste zu Sauerstoffmangel im Boden führen, der die Weiterentwicklung der Krankheit begünstigte (Abb. 7). Der Befallsstärke der Pflanzen entsprechend traten auch weniger eindeutige Zwischenformen auf.

## Infektions- und Krankheitsverlauf

Um Infektions- und Krankheitsverlauf zu verstehen, sind Kenntnisse über die Verhältnisse und Vorgänge im Boden notwendig. Anfangs Juni sind die Mutter-

knollen physiologisch noch aktiv. In feuchtem Boden sind die Lentizellen weit offen (Abb. 9 und A), und ermöglichen pathogenen Organismen einzudringen. Findet nun ein Gewitter statt mit Wasserstau und Bodenverschlammung, wird durch Sauerstoffmangel die Abwehrkraft der Knollen geschwächt, wodurch sich die Gefahr einer Infektion durch *Erwinia*-Bakterien erhöht (Jäggi *et al.* 1991a u. b). Im Juli sind schon zahlreiche Tochterknollen von ansehnlicher Grösse vorhanden (Abb. 10). Da auch sie infiziert werden können, vergrössert sich dadurch die Befallsgefahr. Probegrabungen zeigten, dass zu diesem Zeitpunkt der Befall hauptsächlich über Lentizellen der Tochterknollen erfolgte (Abb. 13 und A). Die *Erwinia*-Bakterien breiteten sich durch Stengel und Stolonen weiter über die Pflanze aus (Abb. 15). Nicht direkt infizierte Knollen faulten vom Nabelende her (Abb. 14). Bei gesund abreifenden Pflanzen zeigte auch die Mutterknolle keine Fäulnis. Ihr Knollenfleisch wurde glasig und schwand (Abb. 10), bis nur noch die Haut übrig blieb (Abb. 12).

Je nach Durchlüftungs- und Feuchtigkeitsverhältnissen nach der Infektion, wurde oft nicht die ganze Pflanze von der Krankheit befallen. Bei einem schwachen Befall wurden die Stengel nicht über den ganzen Querschnitt nassfaul; es blieb bei einseitigen nekrotischen Stellen, die sich nicht weiter ausbreiteten. Die untersten Knollen verfaulten, die oberen Knollen entwickelten sich weiter (Abb. 16). Oft erkrankten nur einzelne Triebe (Abb. 8) mit den daraus hervorgegangenen Knollen (Abb. 17). Bei Wasserstau ohne Bodenverschlammung mit Infektion durch *Erwinia chrysanthemi* reagierte das Kraut nur wenig, die untersten Blätter wurden gelb, fielen ab und oberhalb der Blattnarben entstanden neue Austriebe. Die zur Zeit der Infektion vorhandenen Knollen faulten jedoch alle, und weiter Stengel aufwärts wurden neue Knollen gebildet (Abb. 18). Bei der Sorte Sirtema kam es vor, dass alle grösseren Knollen sehr schnell verfaulten und die Stengel verdorrten, kleine Tochterknollen überlebten und trieben neu aus (Abb. 19). Es zeigte sich aber auch, dass bei Wasserstau und Bodenverschlammung die Pflanzen nicht einfach zugrunde gingen, sondern durch *Erwinia*-Bakterien befallen wurden. Sowohl die entstandene Schwarzbeinigkeit (Abb. 7 und 20) sowie zahlreiche Bakterienisolationen zeigten dies. Dass dasselbe auch ohne Zufuhr von *Erwinia*-Bakte-

rien und nach vorgängiger Bodensterilisation geschah, ist ein weiterer Beweis dafür, dass diese Bakterien auf allen Knollen vorhanden sind (Nielson 1978; Perombelon 1973).

Ein *Erwinia*-Befall, der zum Absterben der ganzen Pflanze führt, ist leicht zu erkennen. Bei einem teilweisen Befall sind die Krautsymptome jedoch oft nur schwer zu erkennen. Trotzdem entstehen nassfaule Knollen, die bei der Ernte zu einer Kontamination gesunder Knollen führen können. Für den Kartoffelproduzenten ist es deshalb wichtig, diese Teilinfektionen zu erkennen und solche Pflanzen samt Knollen zu entfernen.

### Folgendes ist zu beachten:

- *Erwinia*-Bakterien kommen auf allen Knollen vor.
- In durchlässigen, gut durchlüfteten Böden ist die Gefahr einer Infektion äusserst gering.
- Bodenvernässung und -verschlammung erhöhen die Befallsgefahr.
- Je mehr *Erwinia*-Bakterien vorhanden sind, umso grösser ist die Befallsgefahr.
- Knollen-Nassfäule kann auch ohne deutliche Krautsymptome auftreten, was zu einer unerwarteten Verschleppung bei der Ernte führen kann.
- Es ist nur gesundes Pflanzgut zu verwenden.

### LITERATUR

- Elphinstone J.G., 1989. Soft rot and blackleg of potato; *Erwinia* spp. Technical Information Bulletin 21. International Potato Center, Lima, Peru. 18 pp.
- Hoitink H.A.J., Herr L.J. and Smitthener A.F., 1976. Survival of some plant pathogens during composting of hardwood tree bark. *Phytopathology* 66, 1369-1372.
- Jäggi W., Oberholzer H.R. und Winiger F.A., 1991a. Krautkrankheiten und Knollen-Nassfäule von Kartoffeln, verursacht durch *Erwinia carotovora*. *Landw. Schweiz* 4, (8), 413-420.
- Jäggi W., Oberholzer H.R. und Winiger F.A., 1991b. Einfluss der Ernte- und Lagerbedingungen auf den Befall von Kartoffeln durch *Erwinia carotovora*. *Landw. Schweiz* 4, (8), 421-426.
- Nielson L.W., 1978. *Erwinia* species in the lenticells of certified seed potatoes. *Am. Potato J.* 55, 671-676.
- Perombelon M.C.M., 1973. Sites of contamination and numbers of *Erwinia carotovora* present in stored seed potato stocks in Scotland. *Ann. appl. Biol.* 74, 59-65.

### RÉSUMÉ

#### Contamination des plantes de pommes de terre par la jambe noire *Erwinia carotovora*

Après simulation d'un orage violent, les conséquences sur l'infection des pommes de terre par *Erwinia carotovora* ont été examinées sur des plantes en pots. Lorsque le sol était bien drainé, aucune plante n'a été contaminée, même après une adjonction de bactéries virulentes.

Les sols détrempés et tassés par la pluie favorisent la maladie. Lorsqu'il y avait accumulation d'eau combinée avec un tel sol, toutes les plantes ont été détruites par la jambe noire, même sans inoculation de bactéries du genre *Erwinia*. La pourriture humide des tubercules peut apparaître sans que les fanes ne présentent des symptômes bien visibles de la maladie, pouvant ainsi entraîner une dissémination imprévisible de celle-ci.

### SUMMARY

#### Infection of potato plants with *Erwinia carotovora*

The effect of a simulated thunderstorm on the infection of potato plants with *Erwinia carotovora* was tested in pot experiments. No plants were infected in porous soil even when virulent *Erwinia* bacteria were added. Blocked percolation and silting up enhanced the infection. When percolation was blocked and at the same time the soil was silted up, all plants died from blackleg even without adding *Erwinia* bacteria. Soft rot may occur without typical leaf symptoms and may cause an unexpected spread of the disease.

**KEY WORDS:** *Erwinia carotovora*, meteorological and soil conditions