

Désinfection des plants de pommes de terre à l'aide d'électrons

R. SCHWÄRZEL, C. L. LÊ et O. CAZELLES¹, Station fédérale de recherches en production végétale de Changins, CH-1260 Nyon
O. RÖDER, Fraunhoferinstitut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik, D-01277 Dresde
U. MERZ, Ecole polytechnique fédérale de Zurich, CH-8092 Zurich

@ E-mail: ruedi.schwaerzel@rac.admin.ch
Tél. (+41) 22/36 34 444.

Introduction

La désinfection chimique des semences est une pratique très répandue pour éviter la propagation de maladies à partir des graines. De nombreuses maladies se trouvent à l'état latent dans l'épiderme des graines et peuvent s'étendre très rapidement dès que les conditions de croissance sont propices à leur développement. Durant de nombreuses années, les pays d'Europe de l'Est ont été dépourvus de produits de traitement chimiques modernes. Les semences ont été traitées avec des produits à base de mercure. Des instituts de recherches d'Europe de l'Est ont, par conséquent, développé d'autres méthodes pour assainir les semences. Des solutions ont été élaborées afin de lutter contre les maladies latentes présentes dans l'épiderme par la désinfection à l'eau chaude ou aux électrons.

Depuis longtemps, on pratique le traitement aux rayons gamma ou l'irradiation à haute charge électrique pour conserver des aliments. Les rayons traversent les semences dont ils tuent l'embryon.

La technique de désinfection de l'épiderme de semences consiste à doser la charge d'électrons accélérés à basse énergie, afin que les électrons ne pénètrent pas jusqu'à l'embryon de la graine ou jusqu'à l'apex des germes de pommes de terre (fig. 1). L'assainissement de l'épiderme par un traitement aux électrons accélérés a été pratiqué avec succès sur des graines de céréales et sur différentes graines de légumes

Résumé

- Le traitement de tubercules de pommes de terre par des électrons accélérés n'a pas permis d'éliminer deux pathogènes qui s'y trouvaient à l'état latent et en surface. Les balles de spores dans les pustules de gale poudreuse n'ont pas perdu leur vitalité. Les populations d'*Erwinia chrysanthemi* inoculées aux tubercules avant les traitements n'ont pas été réduites de manière significative par les électrons.
- Le traitement des tubercules avec des électrons à basse énergie, de 50 ou 70 kilovolts et de 10 ou 15 kilograys, n'a pas perturbé la faculté germinative. Toutes les plantes issues de tubercules traités avaient un aspect morphologique conforme et se sont développées normalement.
- Des modifications dans les profils électrophorétiques ont été constatées. Ces différences se sont manifestées sur les systèmes isoenzymatiques (peroxydase et estérase). Ces modifications se sont maintenues dans la première et la deuxième génération après le traitement aux électrons.
- Des coupes histologiques n'ont pas révélé de différences visibles au niveau de l'apex des germes.

Lexique

Coupe histologique: analyse de la structure des tissus et des cellules.
Electron: particule élémentaire possédant la plus petite charge d'électricité. Les électrons ne sont pas ionisant, comme les rayons X, alpha, bêta ou gamma et ne comportent aucun danger pour la santé humaine.

Electrophorèse: méthode d'analyse basée sur le déplacement différentiel de particules chargées sous l'influence d'un champ électrique, sous l'action de l'isoélectrofocalisation.

Estérases: enzymes catalysant des réactions d'hydrolyse.

Gray (Gy): unité de mesure de dose de radiation absorbée, correspondant à une énergie de 1 joule pour 1 kg de matière irradiée.

Morphologie: étude de la configuration et de la structure externe.

Peroxydases: enzymes dont la fonction primaire est l'oxydation des molécules aux dépens du peroxyde d'hydrogène.

Traitement aux électrons: dans notre cas, des électrons à basse énergie percutent l'épiderme sur une profondeur d'environ 30 à 150 μm .

¹Avec la collaboration technique de D. Thomas et de M^{me} Nelly Poget.

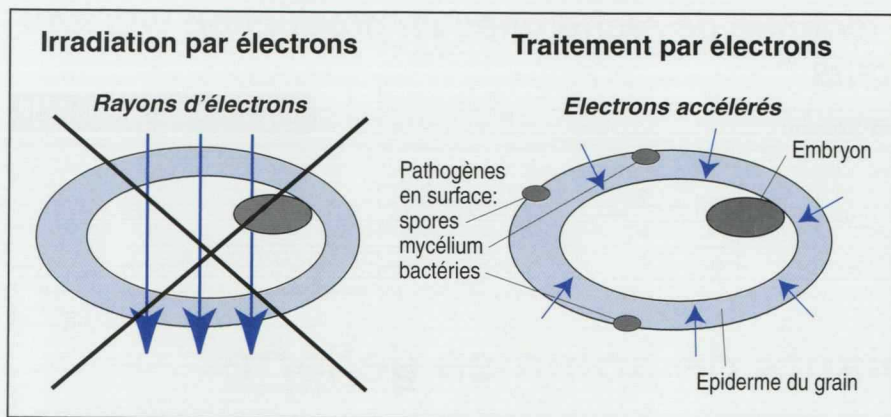


Fig. 1. Dans leur utilisation pour la conservation alimentaire, les rayons traversent la semence par irradiation et tuent l'embryon. Le traitement de l'épiderme avec une charge d'électrons accélérés devrait permettre de détruire les pathogènes qui se trouvent en surface sans endommager le cône de végétation ou l'embryon.

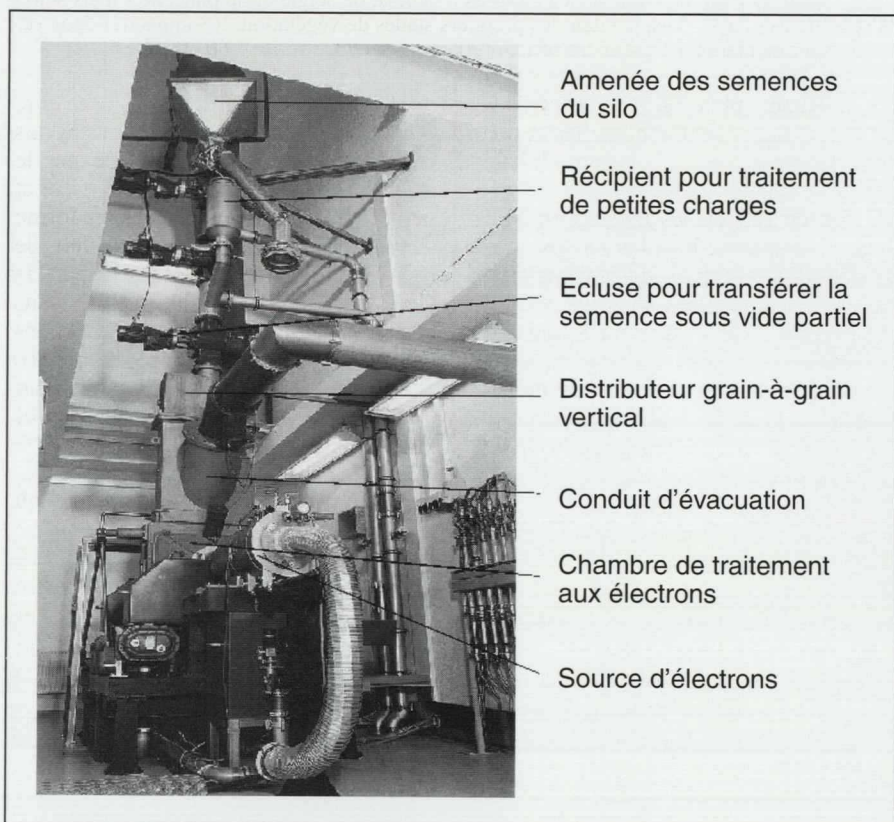


Fig. 2. L'installation pilote utilisée pour désinfecter les semences de céréales, de légumes et les plants de pommes de terre.

par des pionniers de l'Institut Fraunhofer de Dresde (SCHILLER *et al.*, 1995). Des bactéries et des champignons, comme divers *Xanthomonas* ou *Phoma*, ont été tués sur des graines avec une dose énergétique de 5-10 kilograys. Des installations pilotes (fig. 2), avec des capacités de traitement remarquables, ont été mises en service avec succès en Allemagne pour traiter des graines de blé et de légumes.

La désinfection de l'épiderme des plants de pommes de terre pourrait s'avérer d'un grand intérêt dans la lutte contre des maladies qui ne peuvent pas être combattues chimiquement. Dans ce tra-

vail, nous rapportons les résultats de traitements aux électrons sur des plants de pommes de terre, qui avaient pour but l'élimination de pathogènes se trouvant sur ou dans l'épiderme des tuber-

Tableau 1. Procédés et charges utilisés pour le traitement des tubercules.

Procédés	Kilovolts	Kilograys
1	témoin	témoin
2	50	10
3	50	15
4	70	10
5	70	15

cules, comme les agents de la gale poudreuse et de la jambe noire (*Erwinia spp.*). Nous avons évalué l'efficacité de ces traitements sur deux organismes pathogènes: des pustules et zoospores de gale poudreuse (*Spongospora subterranea*) et des populations bactériennes (*Erwinia chrysanthemi*).

Cependant, une condition primordiale pour le succès d'un traitement par irradiation est la conformité variétale de la descendance après le traitement. Aucun changement génétique ne peut être toléré à la suite d'une application d'électrons sur des tubercules. La vérification de la conformité variétale a été effectuée par la méthode électrophorétique (LÉ, 1994).

Les bombardements d'électrons sont aussi utilisés en agriculture, notamment dans la sélection de végétaux, par exemple pour obtenir de nouveaux cultivars de fleurs (LANERI *et al.*, 1990; MATSUBARA, 1982) ou de pommes de terre (KUKIMURA, 1986; EL FIKI, 1997).

Matériel et méthodes

Des tubercules de petit calibre, homogènes, ont été soumis à différentes doses d'électrons accélérés à l'Institut Fraunhofer de Dresde (tabl. 1). Deux tubercules provenant de chaque procédé, ainsi que du témoin non traité, ont été contrôlés quant à leur conformité variétale par comparaison de profils électrophorétiques. Les autres tubercules ont été plantés en plein champ. Les observations ont été faites sur la germination, la levée au champ, la régularité des cultures, la conformité variétale par observation visuelle des feuilles, des tiges et des tubercules (tabl. 2). La récolte a été examinée, calibrée, indexée sur la présence de maladies et ensuite conservée à une température de 4 °C jusqu'au printemps.

Tableau 2. Paramètres expérimentaux observés dans les différents procédés.

Paramètre	Méthode
Morphologie	Observation des cultures et tubercules
Résultats agronomiques	Détermination du rendement
Conformité variétale	Electrophorèse
Efficacité contre la gale poudreuse	Biotest avec plante-piège
Efficacité contre <i>Erwinia</i>	Test ELISA et amplification

La première génération suivant les traitements a subi les mêmes analyses et observations que les parents. Cette première descendance a été plantée une seconde fois. Les mêmes observations ont été poursuivies sur cette seconde génération.

Toutes les analyses électrophorétiques ont été effectuées dans les laboratoires de la Station fédérale de Changins. Pour chaque procédé, la conformité variétale a été comparée avec le témoin non traité aux électrons. L'expérimentation en plein champ s'est déroulée aux Rives de Prangins, altitude 410 m, dans des sols légers contenant entre 48 et 61% de sable. La plantation a eu lieu en avril, le défanage en juillet et la récolte en août. Les plants utilisés pour l'expérimentation provenaient de la production de semences de prébase du domaine de Changins. Pour l'essai sur la gale poudreuse, les plants provenaient d'un domaine d'élite en Emmental, où les tubercules étaient fortement contaminés par cette maladie. Pour le traitement aux électrons, les tubercules et les témoins ont été envoyés à l'Institut Fraunhofer de Dresde.

Lors de la première année d'expérimentation, des coupes histologiques ont été effectuées près des zones de croissance des germes pour comparer la structure des tissus et des cellules.

L'inoculation d'*Erwinia chrysanthemi* a été effectuée sous vide, avec des populations vivantes de 10^6 bactéries par ml. L'évaluation a été réalisée dans le laboratoire de bactériologie de Changins. L'appréciation de la vitalité des zoosporanges de la gale poudreuse a été faite à l'École polytechnique fédérale de Zurich (EPFZ) par un biotest avec des tomates comme plantes pièges (MERZ, 1989). Enfin, les plants de pommes de terre utilisés pour les traitements étaient exempts de virus et de mildiou (*Phytophthora infestans*) durant l'expérimentation.

Résultats et discussion

Comportement morphologique, rendements

Après les traitements aux électrons accélérés à basse énergie, aucune différence morphologique n'a été observée entre le témoin et tous les procédés traités aux électrons. La régularité de la germination et le nombre de germes, le feuillage, les tiges et la récolte n'ont révélé aucune différence ou anomalie par rapport au témoin. Le nombre de tubercules par plante, leur forme ou la répartition du calibre étaient comparables entre les procédés. Aucune différence significative n'a pu être décelée.

Examen histologique

Les coupes histologiques n'ont pas révélé de modifications dans la structure des tissus ou des cellules entre les différents traitements des plants.

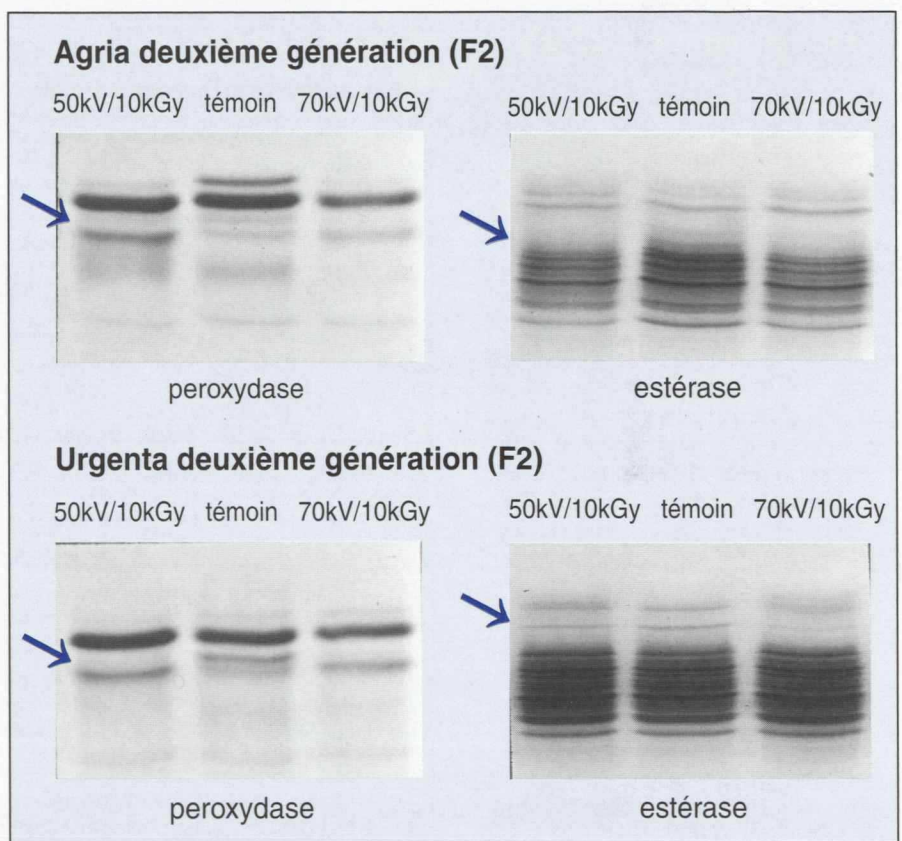


Fig. 3. Profil électrophorétique des isoperoxydases et estérases obtenu pour les variétés Agria et Urgenta dans différents procédés de traitements aux électrons. Te: témoin non traité; 50 kV/10 kGy et 70 kV/10 kGy: deux des charges appliquées lors des traitements aux électrons.

Examen électrophorétique

Les divers procédés de traitements aux électrons ont été comparés avec le témoin non traité par la méthode électrophorétique des isoenzymes (peroxydases et estérases). Dans nos conditions, l'analyse des profils électrophorétiques des isoperoxydases et isoestérases a effectivement montré des variations entre les procédés (fig. 3). L'apparition ou l'absence de nouvelles bandes dans les profils d'isoperoxydases ou isoestérases varie selon les doses appliquées lors du traitement. Ces différences se sont manifestées lors des trois années d'expérimentation. Les variations de bandes dans les isoperoxydases ou isoestérases se sont également maintenues dans les deux générations cultivées en pleine terre (fig. 3). Des modifications biochimiques de tubercules de pommes de terre, observées à la suite d'une irradiation aux rayons gamma, ont également été rapportées par SCHWIMMER *et al.* (1958).

Maladies des tubercules

La gale poudreuse et la jambe noire, présentes sur les tubercules à la plantation, ne se sont pas manifestées ou ont

disparu durant l'expérimentation en plein champ. Les conditions n'ont malheureusement pas été favorables au développement des maladies durant la période de végétation. En laboratoire, la fréquence des maladies sur la descendance ne s'est pas distinguée en fonction des différents procédés.

Les différents traitements aux électrons appliqués à des tubercules sains, préalablement inoculés avec des bactéries d'*Erwinia chrysanthemi*, n'ont pas eu d'influence sur le nombre de bactéries vivantes. Les différents procédés ont été analysés par le test ELISA et la méthode de l'amplification des populations de bactéries.

Dans un biotest avec des tomates comme plantes pièges, la vitalité des zoosporanges de gale poudreuse sur racines n'a pas été différente entre les procédés traités et le témoin non traité.

Remerciements

Nos vifs remerciements vont à Monsieur Olaf Röder et à ses collaborateurs de l'Institut Fraunhofer de Dresde, qui ont assuré les traitements aux électrons dans leurs installations.

Conclusions

- ❑ Le traitement des tubercules de pommes de terre par des électrons accélérés à basse énergie n'a pas permis d'assainir leur épiderme contaminé par des agents de la gale poudreuse ou par *Erwinia chrysanthemi* présents sous forme latente. A ce jour, il n'existe aucune possibilité chimique pour lutter contre ces maladies présentes sur des tubercules.
- ❑ Des différences de morphologie ou de rendement des plantes cultivées en plein champ n'ont pas été observées entre les variantes expérimentales.
- ❑ Des modifications des profils électrophorétiques (peroxydases et estérases) peuvent être observées même après deux générations cultivées en pleine terre.

Bibliographie

- EL FIKI A. A. M., 1997. Induction of genetic variability by using gamma radiation and selection for salt tolerance *in vitro* in potato (*S. tuberosum*). *Journal of Genetics and Breedings* 4 (51), 309-312.
- KUKIMURA H., 1986. Mutation breeding in root and tuber crops. *Gamma field symposia* 5, 109-128.
- LANERI U., FRANCONI R., ALTAVISTA P., 1990. Somatic mutagenesis of *Gerbera jamesonii* hybrid. Irradiation and *in vitro* culture. *Acta Hort.* 280, 395-402.
- LÊ C. L., 1994. Apport de l'électrophorèse dans l'identification des variétés de pomme de terre cultivées en Suisse. *Revue suisse Agric.* 26 (6), 373-379.
- MATSUBARA H., 1982. Mutation breedings in ornamental plants techniques used for radiation induced mutant in Begonia, Chrysanthemum, Aberia and winter Daphne. *Gamma field symposia* 21, 55-67.

Summary

Elimination of pathogens in potato seeds by using electron-treatment

- The dressing of the epidermis of potato tubers by using accelerated electron-treatment did not allow the elimination of two pathogens under latent or adhesive form found on the skin. Spore bales of powdery scab did not loose their vitality after the treatment. Inoculation of *Erwinia chrysanthemi* populations before electron-treatment on the tubers did not show any difference between the control and the electron-treated tubers.
- The sprout growth was not affected with a low dose rate using 50 or 70 kilovolt and 10 or 15 kilogray. Plant morphology from treated tubers seemed to be correct and the plant growth was normal as well.
- Variations were obtained in electrophoretic patterns of isoenzymatic systems (Peroxydase and Esterase). These modifications were observed in the first and second generations following the electron-treatment.
- No obvious difference was found through histological examination of sprout area.

Key words: accelerated electrons, dressing of tuber skin, electrophoresis, morphology.

Zusammenfassung

Desinfizierung von Pflanzkartoffel mit Elektronen

- Das Behandeln der Saatknochen mit beschleunigten Elektronen war ungenügend um zwei verschiedene, latent vorkommende Krankheitskeime abzutöten. Sporenballen des Pulverschorfes haben nach der Behandlung nicht an Lebenskraft verloren. Die mit *Erwinia chrysanthemi* Bakterien infizierten Knochen vor der Elektronenbehandlung zeigten nach der Behandlung keine messbaren Populationsunterschiede auf den Knochen auf.
- Die Knochenbehandlung mit niederenergetischen Elektronen von 50 oder 70 Kilovolt und 10 oder 15 Kilogray haben die Keimung der Knochen nicht beeinflusst. Die Pflanzen zeigten keine morphologische Unterschiede und entwickelten sich völlig normal.
- Veränderungen waren bei den isoenzymatischen Untersuchungen mit elektrophoretischen Profilen erkennbar (Peroxidasen und Esterasen). Unterschiede der elektrophoretischen Profile waren sowohl in der ersten, als auch in der zweiten Knochengeneration nach der Elektronenbehandlung feststellbar.
- In den histologischen Schnitten konnten keine Differenzen in der Keimgegend erkannt werden.

MERZ U., 1989. Infectivity, inoculum density and germination of *Spongospora subterranea* resting spores: a solution-culture test system. *Bulletin OEPP* 19, 585-592.

SCHILLER S., PANZER S., RÖDER O., 1995. Electron treatment of seeds – A new environmen-

tally beneficial technique. Annual report of the Fraunhoferinstitut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik, 39-44.

SCHWIMMER S., WETON W. J., MAKOWER R. U., 1958. Biochemical effects of gamma radiation on potato tubers. *Arch. of Biochem. and Biophysics* 75, 425-434.

Informations agricoles

Chaulage du sol avec la Chaux d'Aarberg

Depuis longtemps déjà, la chaux d'Aarberg s'est fait une renommée comme amendement calcaire idéal. Elle est propre, efficace et extrêmement bon marché. Résultant de la filtration du jus clair dans les Sucreries d'Aarberg et de Frauenfeld, on ne peut toutefois pas la produire comme on veut. La quantité de chaux disponible est dépendante de la récolte de betteraves. De la transformation de la récolte 2000 sont sorties environ 54 000 tonnes de chaux d'Aarberg. Malgré ce volume considérable, la quantité était déjà vendue fin juillet 2001. Une partie des commandes n'a pas pu être prise en considération.

De la chaux provenant de la nouvelle récolte est disponible dès début octobre. Au vu des attentes de récolte limitées de betteraves sucrières en 2001, la quantité de chaux sera inférieure à celle de l'année précédente. Si l'on veut s'assurer la quantité souhaitée, il faut s'approvisionner en chaux d'Aarberg cet automne déjà.

Au fait, l'entretien calcique est un «chaulage du sol» et n'a pas besoin en l'occurrence d'être épandu sur la culture à un moment précis. En présence de sols portants, l'automne est également – par exemple



après la récolte du maïs – une période propice pour chauler. La chaux d'Aarberg peut aussi très bien être stockée en bordure des champs.

Renseignements: Ricoter, Préparation de terres SA, Radelfingenstrasse, CH-3270 Aarberg, tél. 032/391 63 00, fax 032/391 62 34, e-mail: info@ricoter.ch