

Der Einfluß variiertes Düngung, einer Pflanzenschutzmittel-Anwendung und der Lagerung auf den Glykoalkaloid-Gehalt in Kartoffelknollen zweier Sorten

I. ROGOZIŃSKA und T. WOJDYŁA

Wydział Rolniczy Akademii Techniczno-Rolniczej, ul.Ks.Kordeckiego 20, Pl-85-225 Bydgoszcz, Polen

Abschluß des Manuskriptes: 22. Januar 1999

Zusätzliche Stichworte: Solanin, Chaconin, Magnesium, Kalium, Stickstoff, *Solanum tuberosum* L., *Phytophthora infestans*, Feldversuch

Zusammenfassung

Es wurden Feldversuche in drei Jahren mit zwei Speisekartoffelsorten, verschiedenen Mengen an Mineraldüngern und der Anwendungen eines Pflanzenschutzmittels gegen *Phytophthora infestans* angelegt. Die Knollen wurden direkt nach der Ernte sowie nach einer sechsmonatigen Lagerung auf Glykoalkaloidgehalt untersucht.

Zwischen den Sorten treten statistisch gesicherte Unterschiede im Gehalt an Glykoalkaloiden auf. Die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln während der Vegetation erhöht den Gesamtgehalt an Glykoalkaloiden (TGA) in den Kartoffelknollen kurz nach der Ernte.

Eine variierte Mineraldüngung hat keinen statistisch signifikanten Einfluss auf den TGA-Gehalt in den Proben kurz nach der Ernte. N- und K-Düngung verändern diesen jedoch im Laufe der Lagerung.

Unabhängig von den übrigen Bedingungen erhöht sich der TGA-Gehalt in diesem Versuch während der Lagerung im Mittel von 5,8 auf 7,7 mg/100 g Frischsubstanz.

Einleitung

Der Gesundheitswert von Kartoffelknollen wird wesentlich auch von ihrem Gehalt an Glykoalkaloiden bestimmt. Die Glykoalkaloide der Kartoffel finden in jüngster Zeit stärkere Beachtung (Beukema & van der Zaag, 1990), wobei die beiden Alkaloide (α -Solanin und α -Chaconin) nahezu 100% des Gesamtalkaloid-Gehaltes (TGA) ausmachen (Roosen-Runge, 1978; Burton, 1974). Schreiber (1968) stellte jedoch fest, daß eine toxische Wirkung nur vom α -Solanin ausgeht. Weiter berichten Ross et al. (1978), daß ein Gehalt beider Komponenten von über 10 mg/100 g Frischmasse einen scharfen, bitteren Geschmack verursacht. Es wird angenommen, daß ein Solaningehalt von über 20 mg/100 g Frischmasse den Verzehr für Menschen und Tiere ausschließt (Rogozinińska, 1993).

Die entscheidenden Faktoren, welche den Gehalt an Solanin in den Kartoffelknollen beeinflussen, sind genetische Unterschiede der Kartoffelsorten (Dambroth, 1975 u. 1979), die Lagerungstemperatur, Lagerungszeit sowie das Licht (Ahmed & Müller, 1981; Linnemann et al., 1985; Love et al., 1994; Wunsch & Munzert, 1994). Auch die meteorologischen Bedingungen und die Art des Bodens können zu verschiedenen Solaningehalten führen (Rogozinińska & Wojdyło, 1993b).

Der Einfluß der Stickstoff- und Kalidüngung auf die Anreicherung von Solanin in verschiedenen Teilen der Kartoffelpflanze und in den Knollen wurde von mehreren Autoren geprüft. Der Gehalt von Solanin und α -Chaconin in Blättern und Stengeln der Kartoffelpflanze stieg mit steigenden Stickstoffgaben in der Vegetationszeit deutlich an, gleichzeitig sank die Konzentration an Glykoalkaloiden in der Knolle (Rogozinińska & Wojdylo, 1993a; Love et al., 1994). Kaliumgaben führten nur zur Verminderung der TGA Konzentration in den Karoffelknollen (Ahmed & Müller, 1979). Die Glykoalkaloide werden im allgemeinen als Faktoren für die Widerstandsfähigkeit der Kartoffelpflanzen angesehen (Maga, 1980; Rogozinińska, 1993). In diesem Zusammenhang wird gelegentlich unterstellt, daß Pflanzenschutzmittel durch die Erhöhung des Gehaltes an Glykoalkaloiden auch auf diesem Weg indirekt eine Wirkung für die Pflanzengesundheit haben (Rogozinińska & Wojdylo, 1993b). Die Infektion der Pflanzen durch Pilze wie *Phytophthora infestans* oder Bakterien wie *Erwinia carotovora* führen zur Ansammlung von Substanzen, die auch während der Lagerung nach Infektion mit den typischen Lagerfäuleerregern entstehen (Siegfried & Langerfeld, 1978). Ob diese Substanzen teratogen sind, konnte bis jetzt nicht eindeutig bestätigt werden (Burton, 1974). Bisher ist nicht nachgewiesen, daß Glykoalkaloide diese Prozesse hemmen oder unterbinden.

Der Zweck dieser Untersuchungen war, ob und im welchem Grade Mineraldüngung, Pflanzenschutz gegen *Phytophthora infestans* und Wetterbedingungen Einfluß auf den Glykoalkaloidgehalt in den Kartoffelknollen haben können.

Material und Methoden

Die Feldversuche (in Block Methoden split-plot) wurden drei Jahre in einem landwirtschaftlichen Untersuchungsbetrieb in Polen (Standort Mochelek) durchgeführt. Es wurden zwei mittelfrühe Kartoffelsorten (Mila und Beryl) in drei Wiederholungen angebaut. Die Werte der Bodenanalyse zeigt Tabelle 1, die meteorologischen Daten Tabelle 2.

Die Mineraldüngung wurde in einer Gabe vor dem Auspflanzen der Kartoffeln ausgebracht. Folgende Feldversuche wurden durchgeführt:

Tabelle 1. Beschreibung und Nährstoffgehalte der Versuchsböden.

	1986	1987	1988
Bodenart	Sand	Sand	Sand
Ackerzahl	23	23	23
Vorfrucht	Wintergerste	Wintergerste	Wintergerste
pH in H ₂ O	6,7	6,3	5,2
pH in KCl	6,2	6,0	4,9
P ₂ O ₅ in mg/100 g	10,2	12,1	9,1
K ₂ O in mg/100 g	15,1	18,0	27,8

Table 1. Characteristics and nutrient levels of the experimental soils.

1. Mg - varianten 0,20 und 40 kg MgO/ha bei gleichbleibenden Düngungen mit N (100 kg N/ha), P (35 kg P₂O₅/ha), K (150 kg K₂O/ha).
2. K - varianten 50, 100 und 150 kg K₂O/ha bei gleichbleibenden N (100 kg N/ha), P (35 kg P₂O₅/ha).
3. N - varianten 0, 50, 100, 150 und 200 kg N/ha, bei gleichbleibenden P (35 kg P₂O₅/ha), K (150 kg K₂O/ha).

Während der Vegetation wurden weitere drei Wiederholungen in allen Düngungsstufen im Feldversuch 3 bis 6 mal mit Dithane M-45 gegen *Phytophthora infestans* behandelt. Nach der Abreife der Knollen wurden von jedem Versuchsglied je drei Wiederholungen à 10 kg entnommen (3×5 kg zur Analyse nach der Ernte; 3×5 kg zur Analyse nach der Lagerung). Knollen in der Größe 30 bis 60 mm wurden mit den Schalen analysiert. Die Kartoffelknollen wurden 6 Monate lang bei +4 °C und 90% Luftfeuchte gelagert. Die Bestimmung des TGA-Gehaltes erfolgte direkt nach der Ernte und nach der Lagerung.

Die Bestimmung des TGA-Gehaltes erfolgte spektralphotometrisch, nach dem Verfahren von Bergers (1980) modifiziert durch Swiniarski & Janicka (1980).

Das Datenmaterial wurde über eine zweifaktorielle Varianzanalyse nach Schuchard-Fischer et al. (1982) verrechnet.

Der hydrothermische Selianinow-Koeffizient wurde nach Molga (1990) berechnet.

Tabelle 2. Die meteorologischen Daten in der Vegetationszeit.

Monat	Hydrothermischer Selianinowa-Koeffizient ^a		
	1986	1987	1988
V	0,89	2,31	0,11
VI	0,72	2,71	1,63
VII	0,69	1,56	1,62
VIII	1,72	0,25	0,92
IX	1,79	0,33	1,27
\bar{x}	1,16	1,43	1,11
Niederschlag in mm \bar{x}	264,3	321,7	283,1
Mitteltemp. in °C \bar{x}	15,4	8,7	16,3

^a Hydrothermischen Koeffizient (S) berechnet nach der Formel:

Summe des Niederschlags × 10 / Temperatursumme

Der Koeffizient charakterisiert die einzelnen Perioden der klimatischen Bedingungen:

<0,5 - sehr trocken, 0,5–1 - trocken, 1,5–2,5 - normal, >3 - feucht).

Table 2. Meteorological conditions during vegetation.

^a Hydrothermic coefficient (s) calculated according to the formula:

sum of rainfall × 10 / sum of temperatures

The coefficient characterizes individual periods for climatic conditions:

<0.5 - very dry, 0.5–1 - dry, 1.5–2.5 - normal, >3 wet).

Monat - month

Niederschlag in mm - rainfall during vegetation in mm

Mitteltemperatur - mean temperature

Ergebnisse

Einfluß der meteorologischen Bedingungen. Die Ergebnisse der Varianzanalyse zeigen (Abb. 1-3), daß die hydrotermischen (Koeffizient 'S') Bedingungen in der Vegetationszeit der Kartoffelknollen keinen statistisch bewiesenen Einfluß auf den

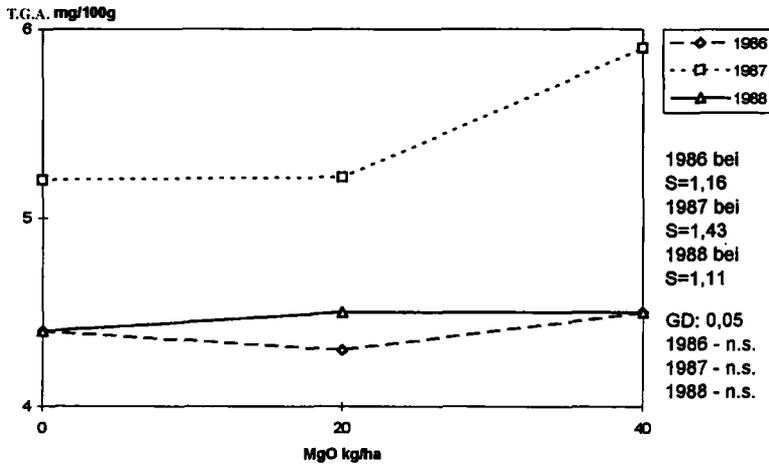


Abb. 1. Der Einfluß der Magnesiumdüngung in den drei geprüften Untersuchungsjahren auf den TGA-Gehalt in Kartoffelknollen (Mittel der Sorten).

Fig. 1. The effect of magnesium fertilization in three particular years on the TGA-content of potato tubers (mean for varieties).

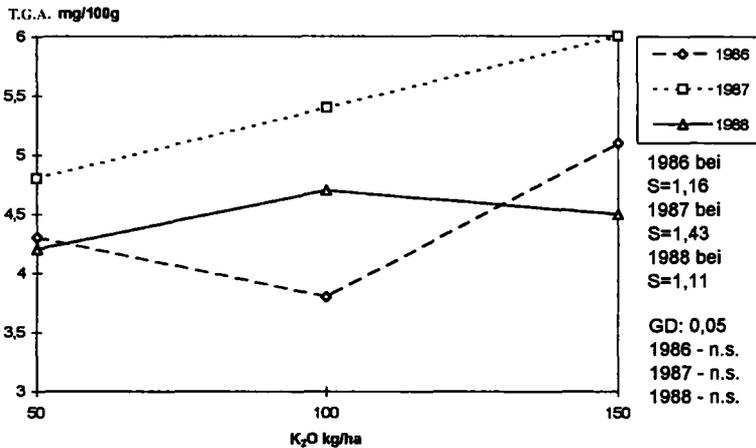


Abb. 2. Der Einfluß der Kalidüngung in den drei geprüften Untersuchungsjahren auf den TGA-Gehalt in Kartoffelsorten (Mittel der Sorten).

Fig. 2. The effect of potassium fertilization in three particular years on the TGA-content of potato tubers (mean for varieties).

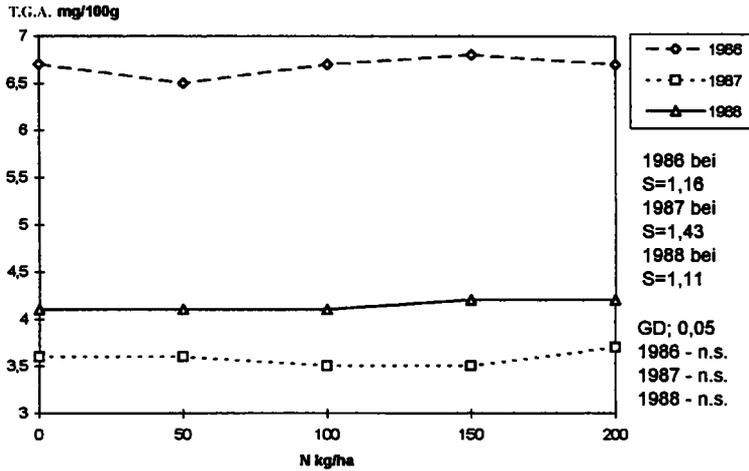


Abb. 3. Der Einfluß der Stickstoffdüngung in den drei geprüften Untersuchungsjahren auf den TGA-Gehalt in Kartoffelsorten (Mittel der Sorten).

Fig. 3. The effect of nitrogen fertilization in three particular years on the TGA-content of potato tubers (mean for varieties).

TGA-Gehalt haben, unabhängig von den angewandten Düngungsmengen. Trotzdem kann man nicht ausschließen, daß bei Magnesium - und Kalidüngung Tendenzen zu größerer Konzentration des TGA-Gehaltes auftreten, was die Proben, welche gleich nach der Jahresernte mit größerem Koeffizient ($S=1,43$) genommen wurden, betrifft. Dies wurde im Vergleich zu anderen Untersuchungsjahren mit niedrigen Koeffizienten ($S=1,11-1,16$) festgestellt.

Der Einfluß der Anwendung eines Pflanzenschutzmittels. Die Anwendungen eines Pflanzenschutzmittels während der Vegetationszeit gegen *Phytophthora infestans* (Abb. 4), erhöhen kurz nach der Ernte den TGA-Gehalt der Knollen in allen Jahren. Während der Lagerung steigt der TGA-Gehalt in allen Proben (Abb. 5-7), worauf jedoch die Anwendung des Pflanzenschutzmittels keinen statistisch bewiesenen Einfluß hat.

Der Einfluß der Mineraldüngung. Die Magnesiumdüngung (Abb. 5) hat keinen Einfluß auf den TGA-Gehalt der Knollen. Der TGA-Gehalt der geprüften Sorten unterscheidet sich jedoch wesentlich. Während der Lagerung erfolgte in beiden Sorten eine Erhöhung des TGA-Gehaltes. Ähnliche Ergebnisse traten - als Folge der Veränderung der Kalidüngung - direkt nach der Ernte auf (Abb. 6). Bei der Kartoffelsorte Beryl wirkten sich erhöhte Kaligaben auf den TGA-Gehalt nach der Lagerung erniedrigend aus. Auf die unterschiedlichen Stickstoffgaben (Abb. 7) reagierten die Sorten direkt nach der Ernte unterschiedlich: Erhöhung des TGA-Gehaltes bei der Sorte Beryl, obwohl statistisch nicht gesichert, und Erniedrigung bei der Sorte Mila. Nach der Lagerung war der TGA-Gehalt erhöht. Es war fast kein N-

GLYKOALKALOID-GEHALT IN KARTOFFELKNOLLEN

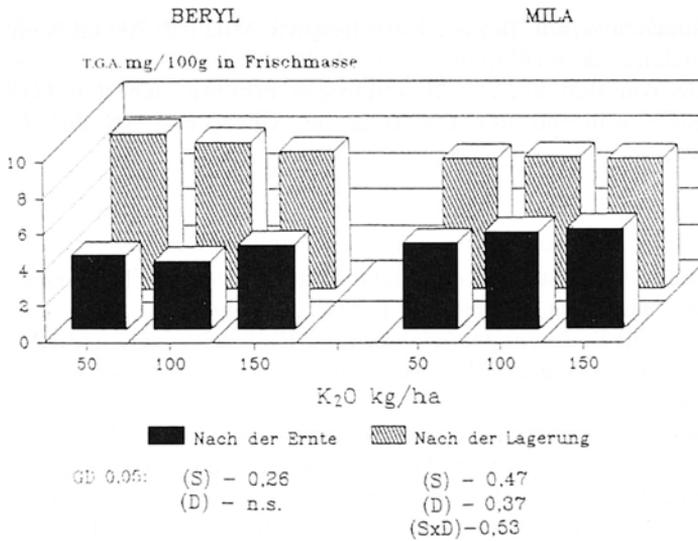


Abb. 6. Der Einfluß der Kalidüngung auf den Glykoalkaloid-Gehalt in den Kartoffelknollen kurz nach der Ernte und nach Lagerung (Mittel von 3 Jahren).
 Fig. 6. The effect of potassium fertilization on glycoalkaloid content of potato tubers shortly after harvesting and storage (mean for 3 years).

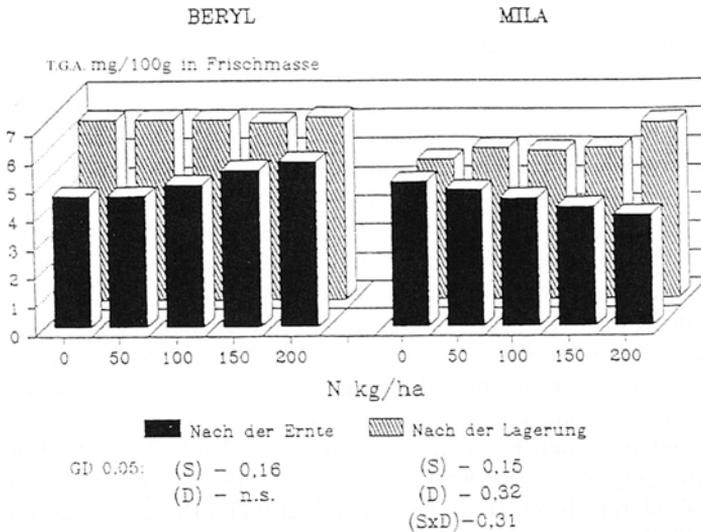


Abb. 7. Der Einfluß der Stickstoffdüngung auf den Glykoalkaloid-Gehalt der Kartoffelknollen kurz nach der Ernte und Lagerung (Mittel von 3 Jahren).
 Fig. 7. The effect of nitrogen fertilization on glycoalkaloid content of potato tubers shortly after harvesting and storage (mean for 3 years).

Effekt mehr nachzuweisen. Bei der Kartoffelsorte Mila gab 200 kg/N einen höheren Gehalt als bei den anderen Gaben.

Unabhängig von den übrigen Bedingungen erhöhte sich der TGA-Gehalt in diesem Versuch während der Lagerung im Mittel von 5,8 auf 7,7 mg/100 g Frischsubstanz.

Diskussion

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen Unterschiede im TGA-Gehalt zwischen den Sorten auf, wobei als wesentlicher Faktor die genetische Anpassung der Sorten an die klimatischen Bedingungen wie auch die Reifezeit eine wichtige Rolle spielen kann (Dambroth, 1975 und 1979; Beukema & van der Zaag, 1990; Wünsch & Munzert, 1994).

Bezogen auf den gesamten Versuch liegen die TGA-Gehalte je nach Sorte im Mittel zwischen 3,9 und 5,8 mg/100 g in der Frischmasse und damit im gesundheitlich sowie geschmacklich unbedenklichen Bereich (Schreiber, 1968; Ross et al., 1978).

Die Anwendung eines Pflanzenschutzmittels fördert die Erhöhung des TGA-Gehaltes von 4,0 (unbehandelt) auf 4,9 (behandelt) mg/100 g Frischmasse im Mittel, kurz nach der Ernte. Da die Glykoalkaloide als ein Faktor der Widerstandsfähigkeit der Kartoffelpflanzen angesehen werden, wird die Annahme bestätigt, daß Pflanzenschutzmittel in Wechselwirkung mit der Synthese der Alkaloide treten und diese zum Schutz gegen Infektion z.B. durch *Phytophthora infestans* aktivieren können (Maga, 1980). Man kann nicht ausschließen, daß eine Pilzinfektion zur Anhäufung von TGA führt, und daß es eine Verteidigungsreaktion der Pflanze ist, was von manchen Autoren angenommen wird (Siegfried & Langerfeld 1978; Dowley & O'Sullivan 1991). Andererseits ist die Beeinflussung des Glykoalkaloidgehaltes durch die Anbautechnik noch keineswegs geklärt (Ross et al., 1978; Maga, 1980). Wahrscheinlich liegen bei den hier vorgestellten Untersuchungen ähnliche Bedingungen vor, wie sie auch bei Prüfungen mit anderen Sorten beobachtet wurden (Rogozińska, 1993; Rogozińska & Wojdyło, 1993a; Burton, 1974).

Die Beobachtungen über den Effekt der Stickstoffdüngungsstufen auf die Konzentration an Glykoalkaloiden in der Knolle stimmen im wesentlichen mit bereits veröffentlichten Ergebnissen überein (Rogozińska & Wojdyło, 1993b; Love et al., 1994). Jedoch erhöhten die gesteigerten N-Gaben den TGA-Gehalt der Sorte Beryl, während die Sorte Mila erniedrigt wurde, obwohl beide Sorten die gleiche Reifezeit haben. Bei den eigenen Prüfungen wurden unterschiedliche Reaktionen zwischen den Sorten bemerkt.

Der TGA-Gehalt in den Knollen stieg unter dem Einfluß der N-Düngung in der Sorte Beryl nur gering an, auch wenn unter solchen Bedingungen die Konzentration an Glykoalkaloiden in Blättern und Stengeln deutlich erhöht werden kann (Ahmed & Müller, 1979; Roosen-Runge, 1978).

Die vorliegenden Untersuchungen ergeben, daß unter dem Einfluß der K-Düngung nur bei der maximalen K-Gabe eine Tendenz zur Erhöhung auftrat, während die Variation der Magnesiumdüngung die Ergebnisse nicht veränderte.

Während der Lagerung (nach 6 Monaten bei +4 °C), erhöhte sich der TGA-Gehalt (im Mittel um 30%), was vielleicht auch auf die Höhe der Lagertemperatur zurückgeführt werden kann (Ahmed & Müller, 1981; Linnemann et al., 1985; Love et al., 1994; Wünsch & Munzert, 1994).

Danksagung

Für die sprachliche Überarbeitung des Manuskriptes danken die Autoren Dr Johannes Hippe, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität Göttingen.

Summary

The influence of various fertilizers, plant protection treatment and storage on the glycoalkaloid content of potato tubers of two cultivars

Field experiments were carried out for three years to study the effect of various magnesium, potassium and nitrogen fertilization rates on two medium-early edible potato cultivars. Additionally, one of the experimental areas was sprayed against *Phytophthora infestans* to ascertain the effect of fungicides on the content of total glycoalkaloids (TGA) in potato tubers after harvest and after six months of storage.

The applied fungicide treatments increased total glycoalkaloids (TGA) of potato tubers (Fig. 4). Fertilization with mineral nitrogen caused different reactions in both cultivars. There was a tendency for cv. Beryl to accumulate more glycoalkaloids with increasing nitrogen fertilization rates, while the opposite was observed for cv. Mila (Fig. 7). Fertilization with potassium and magnesium did not affect the results. On the basis of these results there was no conclusive evidence that the TGA content in the tubers was dependent on cultivar or on the weather during the growing season (Figs 1, 2 and 3).

The TGA content increased during storage, independently of previous treatments. (Figs 4–7).

Literatur

- Ahmed, S.S. & K. Müller, 1979. Seasonal changes and the effect of nitrogen- and potash-fertilization on the solanine and L-chaconine content in various parts of the potato plant. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 142: 257–279.
- Beukema, H.P. & D.E. van der Zaag, 1990. Introduction to potato production. PUDOC, Wageningen, 208 pp.
- Burton, W.G., 1974. Requirements of the users of ware potatoes. *Potato Research* 17: 374–409.
- Dambroth, M., 1975. Glykoalkaloid-(Solanin-)Gehalt in Kartoffelknollen verdient wieder Beachtung. *Der Kartoffelbau* 26: 174–175.
- Dambroth, M., 1979. Pflanzliche Potentiale als Energieträger. *Der Kartoffelbau* 30: 430–431.
- Dowley, L.J. & E. O'Sullivan, 1991. Sporulation of *Phytophthora infestans* de Bary on the Surface of diseased potatoes and to tuber spread of infection during handling. *Potato Research* 34: 295–296.

- Jonker, H.H., A.J. Kooops & J.C. Hogendoorn, 1992. A rapid method for the quantification of steroidal glycoalkaloids by reversed phase HPLC. *Potato Research* 35: 451–455.
- Linnemann, A.R., A. van Es & K.J. Hartmans, 1985. Changes in the content of L-ascorbic acid, glucose, fructose and total glycoalkaloids in potatoes (cv. Bintje) stored at 7, 16 and 28 °C. *Potato Research* 28: 271–278.
- Love, S.L., T.J. Herrman, A. Thompson-Johns & T.P. Baker, 1994. Effect of interaction of crop management factors on the glycoalkaloid concentration of potato tubers. *Potato Research* 37: 77–85.
- Maga, J.A., 1980. Potato glycoalkaloids. *CRS Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 12: 371–405.
- Molga, N., 1990. *Meteorologia Rolnicza*, s.454–459
- Rogozinińska, I., 1993. Wpływ nawożenia mineralnego na zdrowotność bulw ziemniaków jadalnych. *Problemy Higieny-Warszawa* 42: 103–108.
- Rogozinińska, I. & T. Wojdyło, 1993a. Znaczenie azotu i magnezu w produkcji ziemniaka. *Zeszyty Naukowe A.R.-Kraków cz II, zeszyt 37*, 278: 317–330.
- Rogozinińska, I. & T. Wojdyło, 1993b. Der Einfluss der Minereraldüngung auf die Bildung des Solanin in den Kartoffelknollen. Abstracts 12th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, Paris, pp. 459–460.
- Roosen-Runge, C.H., 1978. Zur Bestimmung von Solanin und Chaconin sowie deren Vorkommen in Kartoffeln. Dissertation Universität Hamburg.
- Ross, H., P. Pasemann & W. Nitsche, 1978. Der Glykoalkaloidgehalt von Kartoffelsorten in seiner Abhängigkeit vom Anbauort und -jahr und seine Beziehung zum Geschmack. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung* 80: 67–79.
- Schreiber, K., 1968. Toxische Inhaltsstoffe von Nahrungspflanzen. *Kulturpflanze* 16: 255–276.
- Schuchard-Fischer, C., K. Backhaus, U. Humme, W. Lohrberg, W. Plinke & W. Schreiner, 1982. *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*. Springer-Verlag, Berlin.
- Siegfried, R. & L. Langerfeld, 1978. Vorläufige Untersuchungen über die Produktion von Toxinen durch Fäuleerreger bei Kartoffeln. *Potato Research* 21: 335–339.
- Świniarski, E. & J. Janicka, 1980. Zawartość glikoalkaloidów w liściach i bulwach odmian ziemniaka. *Biuletyn Instytutu Ziemniaka* 24: 27–34.
- Wünsch, A. & M. Munzert, 1994. Einfluss von Lagerung und Sorte auf die Verteilung der Glykoalkaloide in der Kartoffelknolle. *Potato Research* 37: 3–10.