

Anwendung zweier Methoden zur Überprüfung der N-Versorgung von Kartoffeln im Ökologischen Landbau

JANA FRANZISKA DRESOW¹ und HERWART BÖHM¹

¹ Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Ökologischen Landbau,
Trenthorst 32, 23847 Westerau, jana.dresow@vti.bund.de

1 Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag befasst sich mit der Überprüfung der N-Versorgung von Kartoffeln im Ökologischen Landbau mittels zweier Methoden. Zum einen wurde die für den konventionellen Landbau entwickelte Stängelsaftanalyse mittels Nitracheck-Reflektometer angewandt; zum anderen die Blattanalyse mit der Gesamtstickstoffbestimmung mittels CNS-Analysator. Die Messungen zeigen im Verlauf der Vegetationsperiode eine Abnahme sowohl der Nitratgehalte im Stängelsaft als auch der Stickstoffgehalte im Blatt. Diese Abnahme war bei den NO_3^- -Gehalten im Stängelsaft deutlich stärker ausgeprägt als bei den N_t -Gehalten in den Blättern. Es bestehen lineare, aber sortenspezifische Zusammenhänge zwischen den NO_3^- -Gehalten im Stängelsaft und den N_t -Gehalten in den Kartoffelblättern. Mit steigenden N_t -Gehalten in den Blättern sind auch steigende NO_3^- -Gehalte im Stängelsaft zu verzeichnen. Des Weiteren zeigen erste Ergebnisse, dass Bewirtschaftungsmaßnahmen, wie z.B. die Beregnung, einen Einfluss auf die Nitratkonzentration im Stängelsaft haben können. Nach den bisher vorliegenden Ergebnissen scheinen sich beide Methoden zur Beschreibung der N-Versorgung von Kartoffelbeständen im Ökologischen Landbau zu eignen.

2 Abstract

Application of two methods for the examination of N-supply of potatoes in organic farming

The present article deals with two methods for the examination of N-supply of potatoes in organic farming. The first method is the application of the stem sap analysis using the Nitracheck-Reflectometer, which was developed for conventional farming; the second method is the leaf analysis in the determination of total N using a CNS-analyzer. In the course of the vegetation period, the measurements show a decrease in nitrate contents in stem sap as well as the nitrogen contents in the leaves. This decrease in the NO_3^- -contents in the stem sap was considerably more intense than the N_t -contents in the leaves. A linear, but variety-specific, correlation exists between the NO_3^- -contents in the stem sap and the N_t -contents in the leaves. An increasing NO_3^- -content could also be observed in the stem sap with increasing N_t -content in the leaves. Furthermore, first results show that agricultural measures such as irrigation could have an influence on the nitrate-concentration in the stem sap. On the strength of past results, both methods appear suitable for describing the N-supply of potato crops in organic farming.

3 Einleitung

Für die Ertragsbildung von Kartoffeln ist die Nährstoffversorgung, insbesondere die N-Versorgung, von großer Bedeutung (Alva 2004). Stickstoff beeinflusst die Qualitätsbildung in starkem Maße (Amberger 1978, Jamaati-e-Somarin et al. 2009, Casa et al. 2005; Kolbe 1990, Storey und Davies 1992), so auch die Nitrat- (Wadas et al. 2005) und Stärkegehalte (Hunnius 1972) sowie die Kocheigenschaften (Möller et al. 2003) und den Geschmack der Kartoffeln (Fischer 1991, Müller 1983, Nitsch 2003).

Die Kartoffelpflanze ist bekannt für ihre geringe N-Ausnutzungsrate, die lediglich bei 50 bis 80 % des eingesetzten N-Düngers liegt (Bucher & Kossmann 2007, Sattelmacher 1999). Diese Ineffizienz der N-Aufnahme wird mit ihrem schwach entwickelten Wurzelsystem begründet. Während bei zu niedrigem N-Einsatz das mögliche Ertragspotenzial nicht ausgeschöpft wird, kann eine zu hohe N-Düngung nicht nur zu Qualitätseinbußen oder Mindererträgen, sondern auch zu Umweltbelastungen führen (Randall & Mulla 2001). Daher steht im konventionellen Kartoffelanbau eine exakte Ermittlung des Düngebedarfs hinsichtlich der Ertrags- und Qualitätsoptima bei möglichst geringer Umweltbelastung im Vordergrund. Eine Anpassung der Düngestrategie könnte hier auf Grund der Anwendung mineralischer Dünger über entsprechende Schnellmethoden erreicht werden. Im Gegensatz dazu erfolgt die N-Versorgung im Ökologischen Landbau überwiegend indirekt über den Anbau von Leguminosen (N₂-Fixierung) und ergänzend durch den Einsatz organischer Dünger pflanzlicher oder tierischer Herkunft (Böhm 2002, Meinck & Kolbe 1998). Eine direkte Steuerung der N-Versorgung während der Vegetationsperiode ist bei Anwendung dieser N-Quellen nicht möglich. Der Einsatz entsprechender Methoden kann sich daher im ökologischen Kartoffelbau nur auf die Überprüfung der N-Versorgung beziehen. Dies scheint jedoch notwendig, da die begrenzten Möglichkeiten der Steuerung der N-Versorgung einen ertrags- und qualitätslimitierenden Faktor darstellen können.

Zur Optimierung des Ökologischen Kartoffelanbaus wurde deshalb zunächst an zwei Standorten geprüft, ob eine ausreichende N-Versorgung gegeben ist und welche Methode eine zuverlässige Aussage gewährleistet. Dazu wurde die von Nitsch (2003) für den konventionellen Kartoffelanbau entwickelte Stängelsaftanalyse mit Hilfe des Nitracheck-Reflektometers eingesetzt, mit der der N-Versorgungszustand der Kartoffeln während der Wachstumsperiode verfolgt und beschrieben werden kann. Als weitere Methode wurde die Blattanalyse durchgeführt. Sie bietet eine weitere Möglichkeit die N-Versorgung von Kartoffelbeständen während der Vegetationsperiode zu charakterisieren (Bergmann 1993, Breuer et al. 2003). In dem Beitrag werden einige Ergebnisse beider Methoden vorgestellt und ihre Relevanz für den Ökologischen Landbau diskutiert.

4 Material und Methoden

In den Jahren 2007 und 2008 wurden auf zwei ökologisch bewirtschafteten Betrieben während der Vegetationsperiode Stängel- und Blattproben von Kartoffeln der Sorten Nicola, Princess und Ditta entnommen. Aufgrund des frühen Befalls der Kartoffelbestände mit *Phytophthora infestans* im Jahr 2007 konnten keine aussagekräftigen Ergebnisse erarbeitet werden, da die Anzahl der Probenahmen nicht ausreichte. Auf dem Betrieb 1 wurde im Jahr 2008 die Sorte Princess auf einem stark lehmigen Sand mit 38 Bodenpunkten nach einem Getreide-Leguminosengemenge angebaut. Zusätzlich wurde eine organische N-Düngung in Höhe von 100 kg N/ha vorgenommen. Auf dem Betrieb 2 wurden die Sorten Nicola und Princess auf einem lehmigen Sand mit 29 Bodenpunkten nach Sommergerste angebaut. Die Sorte Ditta wurde nach einer Grünbrache auf einem humosen Sand mit 25 Bodenpunkten angebaut. Die organische N-Düngung zu allen drei Sorten betrug 90 kg/ha. Die Sorten Nicola und Princess wurden beregnet; bei der Sorte Ditta blieb die Beregnung aus.

4.1 Probenahme und Aufbereitung

Die Probenahmen erfolgten stets vormittags. Auf dem Betrieb 1 wurde die Probenahme bei EC-Stadium 29 (9 und mehr gebildete basale Seitentriebe) begonnen und bei EC 69 (Blühende) abgeschlossen. Insgesamt konnten vier Probenahmen durchgeführt werden. Auf den Flächen des Betriebes 2 wurden zu 6 Terminen Blatt- und Stängelproben entnommen. Die erste Beprobung wurde bei EC 33 (30 % der Pflanzen benachbarter Reihen berühren sich) durchgeführt und die Abschlussbonitur erfolgte bei EC 93 (Mehrzahl der Blätter gelb verfärbt).

Die Probenahmen erfolgten auf den jeweiligen Kartoffelschlägen in drei verschiedenen Feldkompartimenten, die einen Abstand von ca. 50 Metern zueinander hatten. In jedem Feldkompartiment wurden 30 Haupttriebe von Kartoffelstauden herausgezogen. Die anhaftende Erde wurde entfernt und ein Stängelteil von 1 cm Länge, der gerade noch durch Erde bedeckt war, am Stängelgrund abgeschnitten. Die entnommenen Stängelabschnitte wurden in Kühlboxen verstaut und anschließend bis zur weiteren Analyse eingefroren.

Parallel wurde von den jeweils 30 gezogenen Haupttrieben das jüngste, voll entwickelte Blatt als Blattprobe genommen. Um ausreichend Blattmaterial zur Verfügung zu haben, wurden zusätzlich Blätter von weiteren 20 Haupttrieben entnommen. Die Blätter wurden ebenfalls in Kühlboxen verstaut und anschließend drei Tage im Trockenschrank (Heraeus 6000) bei 60° C getrocknet und bis zur weiteren Analyse bei Raumtemperatur gelagert.

4.2 Nitratbestimmung im Stängelsaft

Die Nitratgehalte in den Stängeln wurden mit dem Nitracheck-Reflektometer (Nitracheck 404, QuoMed, Broadbridge Heath, West Sussex, U.K.) untersucht. Zur Messung wurden Nitratteststreifen der Firma Merckoquant (Art.-Nr.: 110020; Messbereich 10-500 mg/l NO₃) eingesetzt. Die Kalibration des Nitracheckgerätes erfolgte mit einer Eichlösung (100 ppm Nitrat).

Die eingefrorenen Stängelproben wurden einen Tag vor der Messung im Kühlschrank schonend aufgetaut. Sie wurden mittels einer Knoblauchpresse ausgepresst, der gewonnene Saft filtriert (Faltenfilter 3 hw, Fa. Sartorius) und anschließend mit destilliertem Wasser (1:20) verdünnt. Von der verdünnten Probe wurden zwei Aliquote entnommen und jeweils eine dreifach-Bestimmung durchgeführt. Hierzu wurde der Teststreifen in den Streifenträger des Nitracheck-Gerätes eingeführt und sofort nach Anzeige der Messbereitschaft für ca. 1 Sekunde in den verdünnten Stängelsaft eingetaucht und erneut in den Streifenträger eingeführt. Nach 60 Sekunden konnte der Nitratgehalt abgelesen werden.

4.3 Gesamtstickstoffbestimmung (N_t) im Kartoffelblatt

Zur Stickstoffbestimmung wurden die Blattproben nochmals für 24 Stunden bei 50 °C getrocknet und anschließend mit einem 1 mm-Sieb vermahlen (Mühle Cyclotec 1093, Fa. Foss Tecator). Die Analyse erfolgte mit einem Elementar Analyzer (Euro EA, Fa. Hekatech). Hierzu wurden 5 bis 9 mg der gemahlten Kartoffelblätter in Zinnkapseln eingewogen. Neben Stickstoff wurden zusätzlich die Elemente Kohlenstoff und Schwefel analysiert.

5 Ergebnisse und Diskussion

Das Erntejahr 2007 war in Norddeutschland von einer sehr frühen und sehr starken Krautfäule-Infektion gekennzeichnet, die Ertragseinbußen von bis zu 60 % gegenüber einem durchschnittlichen Erntejahr zur Folge hatten.

Auf Grund des frühzeitigen Absterbens des Kartoffelkrautes waren meist nur zwei Stängel- und Blattbeprobungen möglich. Die geringe Datenbasis erlaubte keine Auswertung der Daten. Die Ergebnisse des Anbaujahres 2008 sind daher Gegenstand der folgenden Diskussion.

Die Ergebnisse zeigen, dass im Verlauf der Vegetationsperiode sowohl die Nitratgehalte in dem Stängelsaft (Abb. 1a-d) als auch die Stickstoffgehalte in den Blättern (Abb. 2a-d) abnahmen.

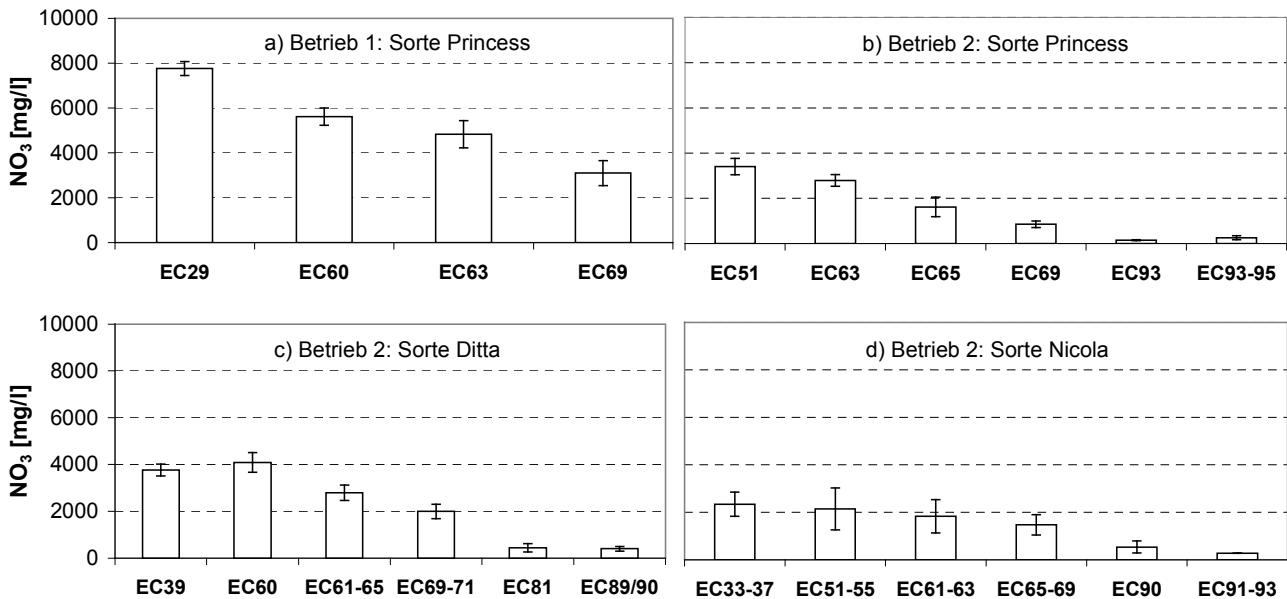


Abb. 1a-d: Nitratgehalte im Stängelsaft der Sorte Princess von Betrieb 1 und 2 sowie der Sorten Nicola und Ditta von Betrieb 2 (Fehlerbalken = Standardabweichung)

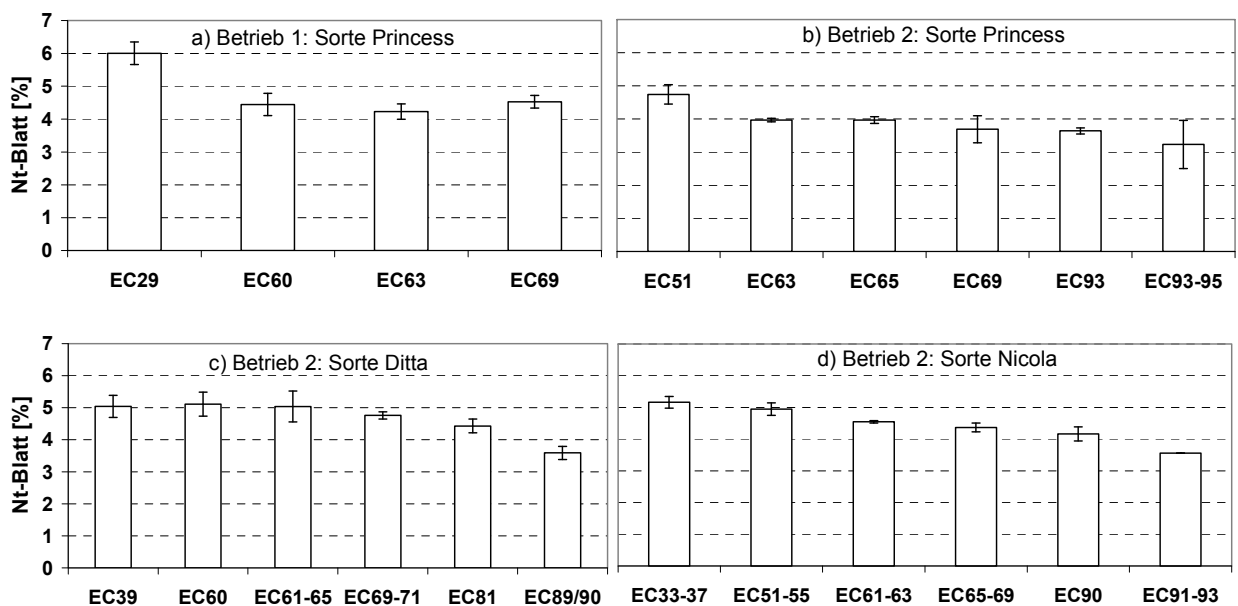


Abb. 2a-d: Stickstoffgehalte im Kartoffelblatt der Sorte Princess von Betrieb 1 und 2 sowie der Sorten Nicola und Ditta von Betrieb 2 (Fehlerbalken = Standardabweichung)

Die Abnahme im Verlauf der Vegetationsperiode war bei den NO₃-Gehalten im Stängelsaft deutlich stärker ausgeprägt als bei den N_t-Gehalten in den Blättern. Auf dem Betrieb 1 mit der Sorte Princess lagen die NO₃-Werte im Stängelsaft zwischen 3100 und 7800 mg/l NO₃ (s. Abb. 1a) und damit nach den Angaben von Nitsch (2003) im Optimalbereich.

Die auf dem Betrieb 2 beprobten Stängel wiesen deutlich geringere NO_3 -Gehalte auf; die Messwerte reichten von 100 bis 4100 mg/l NO_3 (s. Abb. 1b-d). Bei der Sorte Princess wurden in Abhängigkeit des EC-Stadiums Gehalte von 150 bis 3400 NO_3 (s. Abb. 1b) gemessen. Sie lagen damit unter den in der Literatur vorgegebenen Optimalwerten (Nitsch 2003). Ursache für die unterschiedlich hohen NO_3 -Gehalte könnte die auf Betrieb 1 ausgebliebene Beregnung sein. Auf diese Weise könnte es zu einem „Nitratstau“ innerhalb der Pflanze gekommen sein, d.h. auf Grund der geringeren Wasserverfügbarkeit waren die Stoffwechselumsetzungen reduziert. Dies führt zu geringeren Umbauraten zu organischen N-Verbindungen und somit zu einer Anreicherung von NO_3 in den Stängeln.

Bei den N_t -Gehalten im Kartoffelblatt war eine nicht so starke Abnahme über den Vegetationszeitraum festzustellen. Auf Betrieb 1 lagen die Gehalte im Bereich von 4,2 bis 6,0 % N_t (s. Abb. 2a). Auf Betrieb 2 wurden bei den drei Sorten Werte von 3,2 und 5,2 % N_t in der Blatt-Trockenmasse gemessen (s. Abb. 2b-d). Bei der Sorte Princess lagen die Gehalte zwischen 3,2 bis 4,7 % N_t (s. Abb. 2b). Die gemessenen Gehalte beider Betriebe lagen nach den Empfehlungen der Blattanalyse im Bereich einer ausreichenden N-Versorgung (Breuer et al. 2003).

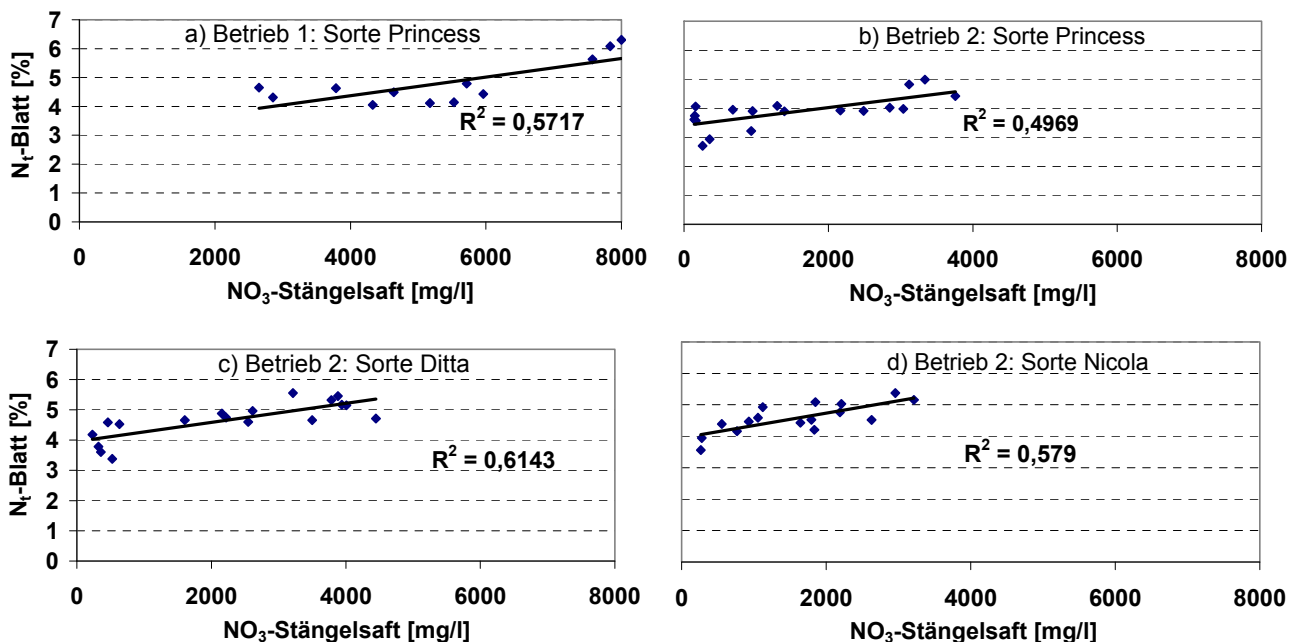


Abb. 3a-d: Zusammenhang zwischen NO_3 -Gehalt im Stängelsaft und N_t -Gehalt im Kartoffelblatt der Sorte Princess der Betriebe 1 und 2 sowie der Sorten Ditta und Nicola von Betrieb 2

Zwischen den NO_3 -Gehalten im Stängelsaft und den N_t -Gehalten im Kartoffelblatt bestehen für die untersuchten Sorten lineare Zusammenhänge. Mit steigendem N_t -Gehalt im Blatt ist auch ein steigender NO_3 -Gehalt im Stängelsaft zu verzeichnen (s. Abb. 3a-d). Beim Zusammenfassen der Daten der Sorte Princess beider Betriebe wird dieser Zusammenhang noch deutlicher (s. Abb. 4).

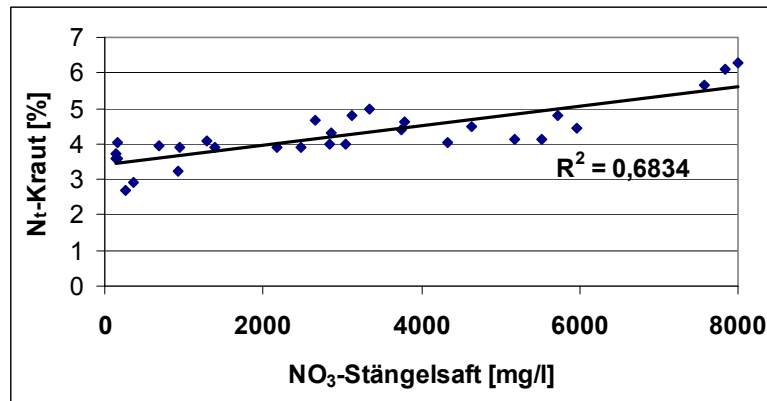


Abb. 4: Zusammenhang zwischen NO₃-Gehalt im Stängelsaft und N_t-Gehalt im Kartoffelblatt der Sorte Princess beider Betriebe

Die Regressionsanalyse über alle drei Sorten und beide Standorte zeigte dagegen einen deutlich schwächeren Zusammenhang ($R^2 = 0,44$). Hieraus wird deutlich, dass ein Sorteneffekt vorliegen muss. Dies wurde bereits von anderen Autoren diskutiert (MacMurdo et al. 1988, Vitosh & Silva 1996, Williams & Maier 1990). In einigen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass bei verschiedenen Sorten signifikante Unterschiede bei den NO₃-Gehalten im Stängelsaft auftraten (Goffart et al. 2002, Poljak et al. 2008).

Im Vergleich der beiden geprüften Methoden zeigte sich, dass die NO₃-Gehalte im Stängelsaft deutlich sortenspezifischer reagieren als die N_t-Gehalte im Kartoffelblatt.

Neben der Sorte können aber auch externe Faktoren die Konzentration des Nitratgehaltes im Stängelsaft beeinflussen. Die Stickstoffnachlieferung aus dem Boden und die Witterungsbedingungen, insbesondere Regenperioden, sind für Konzentrationsveränderungen im Stängelsaft verantwortlich (MacKerron et al. 1995). Aber auch agronomische Maßnahmen, wie Beregnung oder die Beregnungsart sowie unterschiedliche N-Düngemittel können die Nitratgehalte im Stängelsaft signifikant beeinflussen (Goffart et al. 2002). Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass eine Beregnung (s. Betrieb 2) zu geringeren NO₃-Konzentrationen im Stängelsaft führt.

Beide Methoden scheinen sich nach den bislang vorliegenden Ergebnissen zur Beschreibung der N-Versorgung von Kartoffelbeständen im Ökologischen Landbau zu eignen. Der Nitratgehalt im Pflanzensaft ist ein empfindlicher Indikator für die N-Versorgung der Pflanzen. Diese Methode ermöglicht es dem Landwirt selbst das Nachlieferungspotential aus dem Boden bzw. der aktuellen Düngung abzuschätzen (Jemison & Fox 1988). Nachteilig wirken sich allerdings die relativ starke Abhängigkeit von Bewirtschaftungsmaßnahmen sowie die unterschiedlichen Sortenreaktionen aus. Obwohl der Nitratstest im Stängelsaft zu den schnellsten Methoden unter den invasiven zählt, ist sie im Vergleich zu den nichtinvasiven (Bsp. Chlorophyllmeter, Radiometer) deutlich zeitaufwändiger. Der Zeitaufwand und die Labortätigkeit stellen für den Landwirt oder den Berater einen Nachteil dar. Dem müssen jedoch die geringen Kosten für die Ausrüstung und das Material gegenüber gestellt werden (Goffart et al. 2008, Nitsch 1984). Die Bestimmung mittels des CNS-Analysators ermöglicht neben der Bestimmung des N_t-Gehaltes auch die Analyse weiterer Elemente wie Kalium, Phosphor etc. Die einzelnen Analyseschritte sind jedoch deutlich zeitaufwändiger (Trocknung, Mahlen, TS-Bestimmung).

Danksagung

Die Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes „Optimierung der Ökologischen Kartoffelproduktion“, das durch das Bundesprogramm Ökologischer Landbau gefördert wird, durchgeführt.

6 Literatur

- Alva A (2004) Potato Nitrogen Management. *Journal of Vegetable Crop Production* 10(1):97-130
- Amberger VA (1978) Use of Mineral Fertilizers and Quality of Food-Stuffs. *Bodenkultur* 29(2):132-139
- Bergmann W (1993) Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen, Entstehung, visuelle und analytische Diagnose. Jena: Fischer Verlag
- Böhm H (2002) Möglichkeiten und Grenzen des ökologischen Anbaus von Speisekartoffeln. *Kartoffeltrends: Qualität von Speisekartoffeln*, 23-29
- Breuer J, König V, Merkel D, Olfs H-W, Steingrobe B, Stimpfl E, Wissemeier AH, Zorn W (2003) Die Pflanzenanalyse zur Diagnose des Ernährungszustandes von Kulturpflanzen. Agrimedia
- Bucher M, Kossmann J (2007) Molecular Physiology of the Mineral Nutrition of the Potato. In: Vreugdenhil D, Bradshaw J, Gebhardt C et al (eds) *Potato Biology and Biotechnology*; 1; (15). Amsterdam, Netherlands : Elsevier, pp 311-329
- Casa R, Pieruccetti F, Sgueglia G, Lo Cascio B (2005) Potato Tuber Improvement through Nitrogen Management Optimisation: Review of Methodologies. *Acta horticulture: technical communications of ISHS* 684:65-71
- Fischer J (1991) Untersuchungen über flüchtige Aromastoffe der Kartoffel. II. Der Einfluss differenzierter Nährstoffgaben auf das Spektrum der Aromastoffe in Kartoffeln. *Potato Res* 34:169-178
- Goffart JP, Olivier M, Destain JP, Frankinet M (2002) Strategie de gestion den la fertlisation azotee de la pomme de terre de consommation. Centre de Recherches Agronomiques de Gembloux (ed):1-118
- Goffart JP, Olivier M, Frankinet M (2008) Potato crop nitrogen status assessment to improve N fertlization management and efficiency: past-present-future. *Potato Res* 51:355-383
- Hunnus W (1972) Welche Faktoren beeinflussen Stärkebildung und Stärkegehalt der Kartoffel. *Stärkekartoffel* 17(1):1-4
- Jamaati-e-Somarin S, Tobeh A, Hassanzadeh M, Hokmalipour S, Zabihi-e-Mohmoodabad R (2009) Effects of plant density and nitrogen fertilizer on nitrogen uptake from soil and nitrate pollution in potato tuber. *Research Journal of Environmental Sciences* 3(1):122-126
- Jemison JM, Fox RH (1988) A Quick-Test Procedure for Soil and Plant-Tissue Nitrates Using Test Strips and A Hand-Held Reflectometer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 19(14):1569-1582

- Kolbe H (1990) Kartoffeldüngung unter differenzierten ökologischen Bedingungen - Einfluss von Blatt- und Bodendüngung sowie Sorte und Klima auf Erträge und Inhaltsstoffe der Knollen zur Erntezeit und nach kontrollierter Lagerung. Dissertation am Fachbereich Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität zu Göttingen, 294 pp
- MacKerron DKL, Young MW, Davies HV (1995) A Critical-Assessment of the Value of Petiole Sap Analysis in Optimizing the Nitrogen Nutrition of the Potato Crop. *Plant and Soil* 172(2):247-260
- MacMurdo W, Prange RK, Veinot R (1988) Nitrogen fertilization and petiole tissue testing in production of whole seed tubers of the potato cultivars Sebago and Atlantic. *Canadian Journal of Plant Science* 68(3):901-905
- Meinck S, Kolbe H (1998) Kartoffelanbau im Ökolandbau. Material für Praxis und Beratung. In: Anon. Dresden : Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
- Möller K, Kolbe H, Böhm H (2003) Handbuch Ökologischer Kartoffelbau. 1. Aufl., Leopoldsdorf: Österreichischer Agrarverlag, 183 pp
- Müller K (1983) Zur Diskussion um den Nitratgehalt in der Kartoffel. *Der Kartoffelbau* 34(6):202-204
- Nitsch A (1984) Mit Teststäbchen und Reflektometer. *Hannoversche Land- und Forstwirtschaftliche Zeitung* 39
- Nitsch A (2003) Kartoffelbau. 1. Aufl., Bergen/Dumme: AgriMedia
- Poljak M, Horvat T, Majic A, Pospisil A, Cosic T (2008) Nitrogen Management for Potatoes by Using Rapid Test Methods. *Cereal Research Communications* 36:1795-1798
- Randall GW, Mulla DJ (2001) Nitrate nitrogen in surface waters as influenced by climatic conditions and agricultural practices. *Journal of Environmental Quality* 30(2):337-344
- Sattelmacher B (1999) Düngung zu Kartoffeln. In: Keller ER, Hanus H, Heyland K-U (eds) Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen; (2.6). Stuttgart : Eugen Ulmer, pp 152-170
- Storey RMJ, Davies HV (1992) Tuber quality. *The potato crop: the scientific basis for improvement* (2):507-569
- Vitosh ML, Silva GH (1996) Factors affecting potato petiole sap nitrate tests. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 27(5-8):1137-1152
- Wadas W, Jablonska-Ceglarek R, Kosterna E (2005) The nitrates content in early potato tubers depending on growing conditions. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 8(1)
- Williams CMJ, Maier NA (1990) Determination of the nitrogen status of irrigated potato crops. I. Critical nutrient ranges for nitrate-nitrogen in petioles. *Journal of Plant Nutrition* 13(8):985-993