

Austausch von Aminosäuren und Proteinen zwischen Pflanzen und Böden über die erdnahen Luftschichten

Scheller, Edwin , Cuendet Catherine, Müller, Jens und Werren, Dagmar

Problemstellung/Ziele: Die Forschung im Bereich der Pflanzenernährung konzentrierte sich in erster Linie auf die Optimierung der Mineralstoffversorgung durch die Applikation mineralischer und organischer Dünger und die Aufnahme als gelöste Salze. Die Aufnahme organischer Substanzen aus dem Boden oder der Austausch organischer Substanzen zwischen den Pflanzen über die Wurzeln oder über die Blätter spielten in der Pflanzenernährung nur eine marginale oder keine Rolle. Im Zuge der erhöhten Forschungsaktivitäten über atmosphärische Chemie im Zusammenhang mit der erwarteten Klimaveränderung werden in den letzten Jahren verstärkt atmosphärische Stoffkreisläufe untersucht. Dabei findet die Stoffabgabe und Stoffaufnahme in und aus der Luft durch Pflanzen und Böden besonderes Interesse. Kesselmeier et al. (1998) haben nachgewiesen, daß Bäume größere Mengen an Ameisensäure und Essigsäure in die Umgebungsluft abgeben. Landwirtschaftliche Kulturen geben keine Ameisen- und Essigsäure ab, nehmen aber dafür welche auf. Auf diese Weise findet ein Substanzfluss von Waldbäumen zu landwirtschaftlichen Kulturen hin statt. Stärker mit Stickstoff versorgte landwirtschaftliche Kulturen geben Ammoniak an die Luft ab, der wiederum von stickstoffarmen Waldökosystemen eingeatmet wird (Meixner et al. 1997). Die Bewirtschaftungsintensität von Feldern und Wiesen beeinflusst auf diese Weise auch die umgebenden Wälder. Kuhn et al. (1998) haben Carbonyl-Sulfid-Messungen in der Luft in der Umgebung junger Eichenwälder durchgeführt. Viele Pflanzen atmen Carbonylsulfid (COS), am Tage in einem relativ festen Verhältnis zur Kohlendisaufnahme ein und nutzen es als organische Schwefelquelle. Carbonylsulfid entsteht aus der photooxidativen Zersetzung von Dimethylsulfoxid und CS₂. In einem Übersichtsartikel haben Kesselmeier und Staudt (1999) eine Vielzahl von Untersuchungen der letzten Jahre über die Abgabe von Isopren und Monoterpenen ausgewertet. Es wurden 52 Pflanzenfamilien mit 248 Pflanzenarten untersucht. Häufig gab eine Pflanzenart entweder Isopren oder Monoterpene ab. Weitere untersuchte Substanzgruppen, die von den Pflanzen in die Luft abgegeben werden, sind Alkane und Alkene, organische Säuren, Carbonylverbindungen, Formaldehyd und Acetaldehyd, Alkohole, Ester und Ether. Nach mündlicher Auskunft von Prof. Kesselmeier geben die meisten untersuchten Pflanzen 2 – 5% ihrer photosynthetischen Leistung in Form der oben erwähnten Substanzgruppen in die Atmosphäre ab, unter Streßbedingungen allerdings auch erheblich mehr. Bezieht man diese Angabe auf intensivere landwirtschaftliche Systeme mit ca. 150 dt TM photosynthetischer Massenproduktion, dann wären das pro Hektar ca. 3 – 7,5 dt TM organischer Substanzen, die in die Luft abgegeben würden. Während Pflanzen nur tagsüber Carbonylsulfid einatmen, nehmen Böden Tag und Nacht diese Substanz auf (Kuhn et al. 1998). Carbonylsulfid könnte in diesem Zusammenhang eine wichtige Schwefelquelle zum Aufbau der schwefelhaltigen Aminosäuren darstellen. Interessant ist, daß nach Kuhn et al. Böden in einer Carbonylsulfid-freien Luft diese Substanz wieder an die Luft abgeben. Das deutet auf ein sensibles Gleichgewicht hin, welches durch die Konzentration in der Luft beeinflusst wird. Das heißt, über die Luftosphäre findet ein nicht unerheblicher Substanztausch zwischen Pflanzen, Ökosystemen bis hin zum Boden statt, über dessen Wirkungen und Funktionen wir noch wenig wissen.

Hypothesen: Im ökologischen Landbau wird die Düngung mit organischen Substanzen als ein Haupteinflußfaktor auf die Qualitätsbildung bei Pflanzen angesehen. Auch die Fruchtfolge spielt eine größere Rolle wie im konventionellen Landbau. Steiner (1924) wies in seinem landwirtschaftlichen Kursus auf die Bedeutung der Landschaftsgestaltung für die Fruchtbarkeit in einem landwirtschaftlichen Betrieb hin und seit einigen Jahren wird die Landschaftsgestaltung als ein weiterer möglicher Einflußfaktor auf die Qualität von Nahrungsmitteln diskutiert. Ein solcher Einfluß beschränkt sich offensichtlich nicht nur auf die Gestaltung des Kleinklimas, sondern nimmt über den Austausch von Stoffen Einfluß auf das Wachstum und wahrscheinlich auch auf die Qualität von Nahrungsmitteln. Zur Steigerung der Leistungsfähigkeit biologischer Systeme muß man ihre Vernetzung bis hin zum Austausch von Stoffen auch über die Luftsphäre kennen, um Schwachstellen beseitigen und positive Rahmenbedingungen gestalten zu können. Im Jahr 1996 wurde mit der Erforschung eines Kreislaufes von Aminosäuren und Eiweißen über die erdnahen Luftschichten begonnen und erste Ergebnisse 2001 publiziert (Scheller 2001). In einem erweiterten Forschungsvorhaben wird seit 2001 am Fachgebiet Bodenbiologie der Universität Kassel insbesondere der Eiweißstoffwechsel im Boden und die Abgabe von Aminosäuren und Eiweißen aus Böden an die Atmosphäre stärker berücksichtigt und die Wirkung des Taus auf das Pflanzenwachstum und die Qualitätsbildung untersucht.

Methoden: Tau und Regen sind natürliche Extraktionsmedien der erdnahen Luftschichten und schlagen die in die Luft abgegebenen Substanzen immer wieder auf den Boden und die Pflanzen nieder. In der Vegetationszeit wurden Tauproben mit speziell mit demineralisiertem Wasser vorgespülten 2,5 x 2,5 m Plastikplanen von 50 µm Schichtdicke, die an den Rändern mit Klebeband verstärkt wurden, aufgefangen. Nach der Probennahme kurz vor Sonnenaufgang wurden die mit einem 0,5 mm Sieb oder ab 2001 mit einem 250 µm Filtergaze vorfiltrierten Proben entweder sofort verarbeitet oder bei - 22°C tiefgefroren. Regenproben wurden mit Hilfe von mit HCl und Aceton vorgespülten Plastiktrichtern mit 25 cm Durchmesser und Bechergläsern aufgefangen. Das Bodentranspirationswasser wurde mit Hilfe von vorgespülten Plastikplanen, die über ein Holzgestell mit 3 m² Grundfläche gespannt wurden, sowohl über Tage als auch über Nacht auf unbewachsenen Böden und von Wiesen aufgefangen. Die Planen wurden am Boden abgedichtet. Es wurde nur das Kondensat auf dem waagrecht liegenden Teil der Plane verwendet. 1996 – 97 erfolgte die Probennahme 10 km östlich von Fulda in der Region Armenhof an zwei Standorten, 2001 in der Region Witzenhausen auf kleinklimatisch vier unterschiedlichen Standorten. Ein Teil der Probe wurde durch ein 0,2 µm Filter filtriert und im Rotationsverdampfer aufkonzentriert. Mit Hilfe eines Amersham Pharmacia Biotech Aminosäureanalytators wurden mit einem Programm für physiologische Aminosäuren durch Ninhydrin-Nachsäulenderivatisierung die freien Aminosäuren bestimmt. Für die Hydrolyse wurden 16 – 48 ml einrotiert, mit 10 ml 6 n HCl versetzt und bei 110°C 24 Stunden lang hydrolysiert. Die HCl wurde abgeraucht und der Rückstand in 4 ml 0,01 m HCl aufgenommen und durch einen 0,2 µm Filter filtriert. Die Messung erfolgte am Aminosäureanalytator oder an einem LC 1090 Aminoquant von Agilent mit OPA/FMOC Vorsäulenderivatisierung. Analytische Fehlergrenzen und weitere Details bei Scheller (2001). Mit Hilfe einer vom MPI Mainz übernommenen Technik haben wir ab 2001 die Luftfeuchte aus Luftproben ausgefroren und darin die proteingebundenen Aminosäuren bestimmt. Probennahmetechnik und die Probenaufbereitung sind noch in Entwicklung. Auch wurde das Auffangen des Bodentranspirationswassers methodisch verbessert. Spezielle Messplanen wurden in die Gestelle eingehängt, die mit einer weiteren Plane zum Boden hin abgedichtet wurden.

Tagen, während an kalten Tagen und in der restlichen Vegetationszeit der Argininanteil um die 4% und der Prolinanteil unter 10% lag. Der Vergleich des in verschiedenen Landschaften von Witzenhausen gewonnen Taus zeigte im Frühling eine hohe Übereinstimmung bei den Prozentanteilen von freiem Arginin und Prolin.

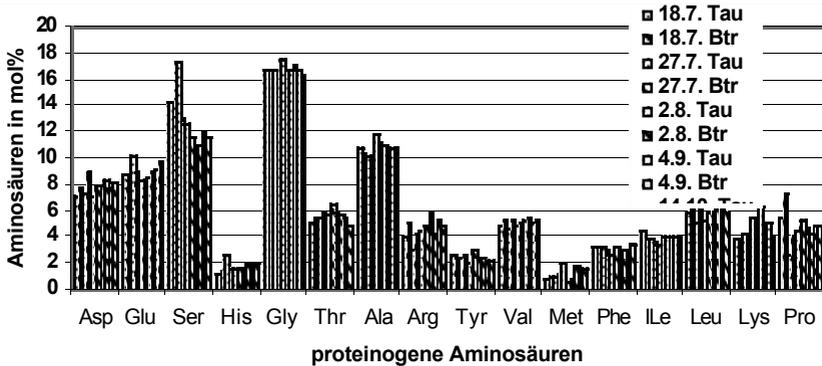


Abb. 3: Vergleich der prozentualen Aminosäurenverteilung im Tau und in dem Transpirationswasser der Talwiese in ausgewählten Proben von Juli bis Oktober 1996

Fazit: Es gibt einen Austausch bzw. Kreislauf von Aminosäuren und Proteinen zwischen dem Boden, Pflanzen und der Atmosphäre. Blütenpollen dominieren im Frühling die Proteingehalte in den erdnahen Luftschichten, während in der übrigen Jahreszeit Böden und Pflanzen die Hauptquellen zu sein scheinen. Aminosäuren und Proteine der erdnahen Luftschichten werden durch Tau und Regen auf die Pflanzen und die Böden wieder niedergeschlagen. In der Luft werden sie von Mensch und Tier eingeatmet oder über die Schleimhäute aufgenommen. In einem Ökosystem besteht ein Stoffaustausch über die erdnahen Luftschichten zwischen den einzelnen Kompartimenten, über deren Bedeutung für Mensch, Tier und Pflanzenwachstum wir noch sehr wenig wissen.

Literaturangaben: Kesselmeier, J., Bode, K., Gerlach, C. und Jork, E.M. (1998): Exchange of atmospheric formic and acetic acids with trees and crop plants under controlled chamber and purified air conditions. Atmospheric environment Vol 32, 10, 1765 – 1775. Kesselmeier, J. und Staudt, M. (1999): Biogenic volatile organic compounds (VOC): An overview on emission, physiology and ecology. Journal of Atmospheric chemistry 33, 23 – 88. Kuhn, U., Amman, C., Wolf, A., Meixner, F.X., Andreae, M.O., Kesselmeier, J. (1999): Carbonyl sulfide exchange on an ecosystem scale: soil represents a dominant sink for atmospheric COS. Atmospheric environment Vol 33, 995 – 1008. Meixner, F.X., Bliefert, M., Helas, G., Kesselmeier, J., Wyers, P.G. und Andreae, M.O. (1997): Ammonia exchange between terrestrial plants and the atmosphere controlled by plant physiology: Compensation point and CO₂-exchange. In: Slanina, S. (Hrsg.) Biosphere-atmosphere exchange of pollutants and trace substances. Springer Berlin. Scheller, E. (2001): Amino acids in dew – origin and seasonal variation. Atmospheric environment 35, 2179-2192. Steiner, R. (1924): Geisteswissenschaftliche Grundlagen zum Gedeihen der Landwirtschaft. GA 327, Dornach 1979, 178-194

Bibliographische Angabe zu diesem Dokument:

Vorliegendes Dokument archiviert unter www.orgprints.org/000001021

Scheller, Edwin and Cuendet, Catherine and Müller, Jens and Werren, Dagmar (2003) Austausch von Aminosäuren und Proteinen zwischen Pflanzen und Böden über die erdnahen Luftschichten [Exchange of amino acids and proteins between plants and soils through the air]. Paper presented at 7. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau: Ökologischer Landbau der Zukunft, Wien, 24.2. -26.2.2003; Published in Freyer, Bernhard, Eds. *Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau: Ökologischer Landbau der Zukunft.*, page 9-12. Universität für Bodenkultur, Institut für ökologischen Landbau..